

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Mineralogia e Geoquímica da massa do Zambujal, Neves-Corvo: diferente em quê e porquê?

Linda Inês Esteves Viduedo

Mestrado em Geologia Económica
Especialização em Prospeção Mineral

Relatório de Estágio orientado por:
Jorge Manuel Rodrigues de Sancho Relvas
Nelson Bruno Monteiro Ferreira Pacheco

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Mineralogia e Geoquímica da massa do Zambujal, Neves-Corvo: diferente em quê e porquê?

Linda Inês Esteves Viduedo

Mestrado em Geologia Económica
Especialização em Prospeção Mineral

Relatório de Estágio orientado por:
Jorge Manuel Rodrigues de Sancho Relvas
Nelson Bruno Monteiro Ferreira Pacheco

À Avó Maria

Agradecimentos

O presente trabalho realizou-se em parceria com a Somincor S.A. - Lundin Mining, à qual agradeço por todo o suporte financeiro e técnico para o desenvolvimento deste relatório de estágio, incluindo o estágio remunerado de três meses, realizado no âmbito do presente trabalho, que constitui uma oportunidade única na minha aprendizagem e evolução enquanto geóloga.

Em primeiro lugar, um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Jorge Relvas pela disponibilidade constante, por todo o apoio prestado e por todo o tempo e esforço empregue na revisão desta tese. Gostaria também de agradecer ao Álvaro Pinto por todas as sugestões e apoio facultado ao longo das várias etapas da execução deste relatório de estágio.

Um agradecimento especial também ao meu co-orientador Nelson Pacheco (Geólogo chefe da Somincor) pela disponibilidade e apoio demonstrados, pelo suporte técnico e logístico e acesso às sondagens e à base de dados do departamento de geologia.

Gostaria ainda de agradecer à restante equipa do Departamento de Geologia Mineira da Somincor, por todo o apoio, suporte técnico, e discussões construtivas relativamente a Neves-Corvo. Ao Tiago Reis, Sofia Menezes, Filipa Pinto e João Castilho por todo o apoio técnico e logístico, paciência, tempo disponibilizado, horas extra e apoio incondicional não só durante a realização do estágio, mas também depois ao longo da realização deste trabalho. E, ainda ao Miguel Gonçalves, por todas as gargalhadas e paciência de ter partilhado o gabinete e me aturar durante os longos três meses de estágio, à Sandra Santos, por todas as boleias e alegrias partilhadas, e ao Paulo Caetano e Ricardo Fonseca, por me mostrarem as frentes mais didáticas e fantásticas de Neves-Corvo.

Agradeço ainda à equipa do Lombador, Fábio Valente, Miguel Costa e Marco Eugénio pela paciência e esforço na logística de acesso às sondagens e no cortar das amostras para este estudo.

Ao Doutor Pedro Rodrigues pela ajuda na obtenção dos dados de química mineral e à Doutora Cytia Mourão pela disponibilidade e produção de lâminas delgadas polidas e superfícies polidas.

Por falar em “*penguins lovers*” Um muito obrigada ao Filipe Ribeiro, Nélson Martins e Anil pela boa disposição, motivação e apoio logístico que tornaram todas as idas ao Alentejo melhores.

Às faixista Chefa (Filipa Lights) e Gabriella Carpinteira por toda a amizade, motivação, parvoíce, apoio e discussões geológicas e ao faixista André Santos por toda a paciência, apoio linguístico e discussões geológicas. À menina do fundo do mar, Rita Pereira pela paciência de me aturar todos os dias, amizade e apoio ao longo dos últimos dois anos. Ao Pedro Santos por todos os finais de tarde melhores, com aquela cervejinha, pela paciência e preocupação.

Ao Golden boy (Diogo Ribeiro) por contribuir para a boa disposição (ou não!), por ser o meu macaquinho de imitação, pela troca de opiniões e pela amizade e parvoíce. Ao Ivo Martins por manter um nível mínimo de entropia no corredor do piso4, pelas parvoíces e pelo apoio proporcionado ao longo desta etapa. Gostaria ainda de agradecer ao Zé Roseiro, ao Eduardo Soares (“o panda”) e à Bea Antunes (que agora já não bê). Obrigada por todo o apoio, suporte e momentos partilhados importantes para a conclusão desta etapa.

Por fim, quero deixar um agradecimento especial à minha família – à minha avó Maria, pais, irmã, tios e primos-, pela preocupação, interesse e ajuda ao longo de toda a etapa de execução do relatório de estágio.

Resumo

O Zambujal é uma das sete massas mineralizadas do jazigo de Neves-Corvo. Este encontra-se hospedado numa das províncias metalogenéticas de referência mundial para sulfuretos maciços polimetálicos - a Faixa Piritosa Ibérica (FPI). Estudos anteriores colocaram em evidência que os minérios do Zambujal se caracterizam por vincadas singularidades no contexto do jazigo de Neves-Corvo. O presente trabalho incide sobre os diferentes tipos de minério maciço da massa do Zambujal, com vista à compreensão das características que a tornam significativamente distinta das restantes massas. Estas diferenças incluem a abundância relativa de um número significativo de metais, incluindo o In e Se, bem como a sua distribuição, determinação da fase mineral portadora e correlações intermetálicas. Importa assim caracterizá-las, compreendê-las e interpretá-las em ordem à história sin- e pós-metalogenética do sistema mineralizante.

O estudo inclui o *re-logging* de 23 sondagens e a caracterização mineralógica e textural, macro e microscópica de 58 amostras, com definição de um quadro paragenético para a massa do Zambujal. Deste conjunto de amostras foram selecionadas 10 superfícies polidas e 2 lâminas delgadas polidas para caracterização micro-analítica dos minerais associados às diferentes fases de mineralização sulfuretada, bem como do material carbonatado e/ou silicatado que constitui os exalitos representados pela unidade JC. Foi realizado igualmente um estudo geoquímico detalhado dos minérios da massa do Zambujal recorrendo à vasta base de dados de química de rocha total da Somincor-Lundin Mining, que permitiu uma avaliação da abundância, distribuição dos vários metais analisados, produção de mapas e perfis composicionais do Zambujal e a construção de matrizes de correlação intermetálica para os seus minérios. Por último, procedeu-se à determinação das fases minerais portadores de metais e integração dos resultados obtidos e interpretações preconizadas no modelo metalogenético que tem vindo a ser delineado para o jazigo de Neves-Corvo.

O estudo de química mineral efetuado coloca em evidência que, dependendo da tipologia de minério considerado e de acordo com as correlações intermetálicas observadas na massa do Zambujal, a esfalerite, a tetraedrite-tenantite, a estanita e a calcopirite são as principais fases portadoras de índio; a galena-claustalite e os selenetos de Bi-Pb são os principais portadores de selénio; a tetraedrite, a cosalite e os selenetos Bi-Pb são os principais portadores de bismuto, e a tetraedrite, a tetraedrite-tenantite e a galeno-claustalite são os principais portadores de prata. De forma geral, é possível reconhecer que os metais de mais baixa temperatura, como o Zn, Pb, Ag e Cd estão essencialmente associados aos minérios do tipo MZ, MZP, MP e ME, ao passo que os metais de alta temperatura, como o Cu, Co, Bi, In e Se se associam essencialmente aos minérios MC e MCZ. Contrariamente ao que sucede à escala de todo o jazigo e de cada uma das restantes massas, no Zambujal, o In e o Se para além de apresentarem correlações positivas com o Cu também apresentam correlações com o Zn (especialmente no MCZ). Assim, o In e o Se (e de forma análoga, o Bi e Co) estão maioritariamente associados aos minérios cupríferos, facto que é consistente com o transporte e co-precipitação destes metais com fluidos ricos em Cu, de alta temperatura, ácidos, reduzidos e salinos (afiliação metalogenética). No entanto, o facto da esfalerite apresentar coeficiente de partição mais favorável para acomodar estes elementos favorece que, na massa do Zambujal, a forte influência dos processos de remobilização/redistribuição tectono-metamórfica, seja suficientemente vincada para justificar também uma correlação positiva secundária entre o In-Se com o Zn, circunstância que não tem expressão comparável nas restantes massas.

Em termos gerais, a massa do Zambujal partilha a história metalogenética das restantes massas em Neves-Corvo, com um sistema hidrotermal convectivo sustentado e prolongado no tempo, responsável pela formação, através de processos dominantes de substituição na subsuperfície, sob temperaturas baixas a

moderadas, de abundante mineralização plumbo-zincífera (minérios MZ, MZP, MP e ME). A evolução e maturação da atividade hidrotermal mineralizante no decurso de um prolongado período de tempo, conduz ao aumento da temperatura do sistema e à interação dos produtos precocemente formados com fluidos ricos em cobre, salinos, ácidos e redutores que foram responsáveis pela geração de uma mineralização cuprífera de mais alta temperatura (minérios MC e MCZ), que substituem parcialmente a mineralização zincífera previamente formada. Em termos macro- e microscópicos, este processo é evidenciado pela obliteração das características primárias mais precoces (*e.g.* pirite colomórfica e framboidal) e predomínio de texturas de substituição. No decurso da evolução geológica e geotectónica da região, o jazigo no seu todo e a massa do Zambujal em particular, foram sujeitos a processos tectono-metamórficos muito relevantes, que são visíveis à escala macro- e microscópica e que conduziram à formação de abundantes texturas secundárias, como brechas, bandados de segregação textural, *boudinage* e zonas de cominuição forte do minério. Estes processos perturbaram o zoneamento primário, que segue, em traços gerais, o zoneamento característico dos depósitos de sulfuretos maciços (Cu-Zn-Fe) e promoveram (a) a redistribuição e remobilização de metais como o As, o Sb, o Bi e o Se, que permitem sublinhar especialmente várias zonas de falha e corredores estruturais; e (b) a formação de enriquecimentos locais de elementos económicos (Cu, Zn ou Pb) e/ou de elementos valorizantes (*e.g.* Ag) e/ou de elementos potencialmente valorizantes (*e.g.* Se, In). Estes fenómenos de enriquecimento são mais evidentes na zona centro-este da massa onde existe sobreesspessamento do minério MCZ devido a empilhamento de sucessivos cavalgamentos, e em domínios mais deformados dos minérios de Zn e Zn-Pb e/ou em fraturas com remobilizações de esfalerite afetando as várias tipologias de minério.

Assim, a forte deformação tectónica da massa do Zambujal, superior à das restantes massas de Neves-Corvo, justifica as dissimilaridades evidenciadas em termos de correlações intermetálicas, bem como os invulgarmente elevados efeitos de redistribuição/remobilização e enriquecimento metálico de elementos como o Se, In, Cu ou Pb. No entanto, alguns elementos penalizantes, como o Hg ou o As, acompanham igualmente este trajeto de enriquecimentos secundários por remobilização tectono-metamórfica, facto que obriga, do ponto de vista da operação mineira, a uma ponderação cuidada das estratégias de produção em cada momento e contexto de exploração da massa.

Palavras-Chave: Neves-Corvo; Zambujal; Química Mineral; Correlações intermetálicas; Redistribuição e remobilização metalífera; Enriquecimentos secundários; Processos tectono-metamórficos

Abstract

Zambujal is one of the seven orebodies of the Neves-Corvo deposit, found in one of the world's major metallogenic provinces for polymetallic massive sulphides - the Iberian Pyrite Belt (IPB). Previous studies have shown that the Zambujal ores are characterized by sharp singularities in the context of the Neves-Corvo deposit. This work focuses on the different types of massive ore at the Zambujal orebody, in order to understand the characteristics that make it significantly different from the other orebodies. These differences include the relative abundance of a significant number of metals, such as In and Se, as well as their distribution, determination of their mineral bearing phase and intermetallic correlations. Their characterization and interpretation are thought to be crucial to the understanding of the syn- and post-metallogenic history of this peculiar mineralizing system.

The study includes the re-logging of 23 drill holes and the mineralogical, macro- and microscopic characterization of 58 samples, which led to the definition of a paragenetic sequence for the Zambujal orebody. From this set of samples, 10 polished surfaces and 2 polished thin sections were selected for micro-analytical characterization of the minerals associated with the different stages of sulphide mineralization, as well as the carbonate and/or silicate material that constitute exhalates represented by the JC unit. A detailed geochemical study of the Zambujal ores was also carried out using the vast Somincor-Lundin Mining's whole-rock geochemistry database, which allowed an assessment of the abundance, distribution of the various metals analysed, the production of maps and compositional profiles of the Zambujal orebody, and to define intermetallic correlation matrices for their ores. Finally, the mineral bearing phase for the different metals was determined and the obtained results and interpretations were integrated in the metallogenic model that has been previously outlined for the Neves-Corvo deposit.

The study of mineral chemistry data shows that, depending on the type of considered ore and according to the intermetallic correlations observed in the Zambujal orebody, sphalerite, tetrahedrite-tennantite, stannite and chalcopyrite are the main carriers of indium; galena-claustalite and several selenides of Bi-Pb are the main carriers of selenium; tetrahedrite, cosalite and Bi-Pb selenides are the main carriers of bismuth, and tetrahedrite, tetrahedrite-tennantite and galena-claustalite are the main carriers of silver. In general, it is possible to recognize that lower temperature metals such as Zn, Pb, Ag and Cd are essentially associated with the MZ, MZP, MP and ME ores, while higher temperature metals such as Cu, Co, Bi and In are mainly associated with the MC and MCZ ores. Contrary to what happens at the deposit scale and in each of the remaining orebodies, in the Zambujal orebody, In and Se positively correlated with Cu and also Zn, especially in the MCZ ores. Thus, In and Se (and similarly Bi and Co) are mostly associated with the cupriferous ores, which is consistent with the transport and co-precipitation of these metals with high temperature, acidic fluids, rich in Cu (metallogenic affiliation). Nevertheless, the fact that sphalerite has a greater crystallochemical aptness to accommodate those trace metals favours that, in the Zambujal orebody, the strong influence of tectono-metamorphic remobilization/redistribution processes, is strong enough to also justify a secondary positive correlation between In-Se and Zn, which has no similar expression in the remaining orebodies.

In general terms, the Zambujal orebody shares a similar metallogenic history of the remaining orebodies in Neves-Corvo, with a sustained and long-lived convective hydrothermal system responsible for the formation of abundant lead-zinc mineralization (MZ, MZP, MP and ME), through dominant processes of subsurface replacement, under low to moderate temperatures. The evolution and development of the mineralizing hydrothermal activity over a long period of time led to an increase in the temperature of the system and to the interaction of the early-formed products with copper-rich, saline, acid and reducing fluids that were responsible for the generation of the cupriferous mineralization (MC and MCZ ores),

which partially replaced the previously formed zinciferous mineralization. At macro- and microscopic scales, this process is recorded by the obliteration of the earliest and pristine primary characteristics (*e.g.*, collomorphic and framboidal pyrite) and predominance of replacement textures. In the course of the geological and geotectonic evolution of the region, the entire deposit, and the Zambujal orebody in particular, underwent very relevant tectono-metamorphic processes, which are visible at the macro- and microscopic scale leading to the formation of several deformation textures such as breccias, segregation bands, *boudinage* and domains of strong mineral comminution. These processes disrupt primary zoning, which broadly follows the typical zoning of massive sulphide deposits (Cu-Zn-Fe), and promoted (a) the redistribution and remobilization of metals such as As, Sb, Bi and Se, which allow spatial underlining of various fault zones and structural corridors; and (b) the formation of local enrichments of economic metals (Cu, Zn or Pb), and/or by-products (*e.g.* Ag), and/or potentially by-products (*e.g.* Se, In). These enrichment phenomena are more evident in the centre-east part of the orebody, where the MCZ ore was thickened due to overthrust stacking, as well as in particularly deformed domains of Zn and Zn-Pb ores, and/or in fractures with remobilization of sphalerite affecting the various of ore types.

Thus, the strong tectonic deformation of the Zambujal orebody, which is much more pronounced than in the remaining orebodies of the Neves-Corvo deposit, explains the dissimilarities with the other orebodies evidenced by distinct intermetallic correlations, as well as the unusually high redistribution/remobilization effects and the local enrichment of metals such as Se, In, Cu or Pb. However, some penalizing elements, such as Hg or As, also accompany this path of secondary enrichment by tectono-metamorphic remobilization, which forces, from a mining operation point of view, a careful production strategy in each moment and context of the orebody exploitation.

Keywords: Neves-Corvo; Zambujal; Mineral Chemistry; Intermetallic correlations; Metalliferous redistribution and remobilization; Secondary enrichment; Tectono-metamorphic processes

Índice

Lista de Figuras	IX
Lista de Tabelas.....	XV
Lista de Abreviaturas.....	XVIII
I. Introdução.....	1
II. Enquadramento Geológico	2
II.1. Geologia regional	2
II.1.1. Estratigrafia	2
II.1.2. Evolução geotectónica.....	4
II.1.3. Metamorfismo	5
II.1.4. Enquadramento metalogenético geral	5
II.2. Geologia local.....	6
II.2.1. Alteração hidrotermal e modelo metalogenético.....	9
II.2.2. Zonação metalífera, tipologias de minério e corpos mineralizados	10
II.2.3. Massa do Zambujal	12
III. Metodologias	14
III.1. <i>Re-logging</i> de sondagens e amostragem.....	14
III.2. Processamento Laboratorial	15
III.3. Petrografia	15
III.4. Química Mineral.....	15
III.5. Análises, tipos de minério, mapas de distribuição e cortes dos minérios.....	16
IV. Localização e descrição das sondagens estudadas	17
V. Caracterização petrográfica	23
V.1. Minérios maciços	23
V.2. Rochas não sulfuretadas	29
VI. Química Mineral.....	31
VI.1. Sulfuretos.....	31
VI.1.1. Pirite	31
VI.1.2. Esfalerite.....	33
VI.1.3. Calcopirite	37
VI.1.4. Galena.....	40
VI.1.5. Sulfuretos de Pb e Bi - Cosalite (?)	47
VI.1.6. Arsenopirite	47
VI.1.7. Sulfuretos portadores de estanho	51
VI.2. Sulfossais de As e Sb– tetraedrite – tenantite.....	54

VI.2.1.	Tetraedrite	54
VI.2.2.	Tenantite	57
VI.2.3.	Tetraedrite - Tenantite	58
VI.3.	Selenetos de Bi-Pb.....	61
VI.4.	Cobaltite ferrífera	61
VI.5.	Cassiterite	62
VI.6.	Clorite.....	62
VI.7.	Micas potássicas dioctaédricas	64
VI.8.	Siderite-Sideroplesite	67
VII.	Geoquímica da massa do Zambujal: distribuição e correlações intermetálicas	68
VII.1.	Correlações intermetálicas e distribuição de metais no Zambujal.....	69
VII.1.1.	Correlações intermetálicas.....	69
VII.1.2.	Distribuição de metais	70
VIII.	Discussão.....	73
I.1	Modelo metalogenético integrado para o depósito de Neves-Corvo.....	76
IX.	Conclusão	78
X.	Referências Bibliográficas	81
XI.	Anexos.....	86
	Anexo 1- Média dos teores, volume, densidade e tonelagens dos recursos medidos, indicados e inferidos correspondentes aos diferentes tipos de minério maciço e fissural da massa do Zambujal	87
	Anexo 2 – <i>Re-logging</i> de sondagens estudadas na massa do Zambujal	87
	Anexo 3 – Listagem das amostras colhidas em sondagens	110
	Anexo 4 – Localização das amostras e das sondagens estudadas, em planta e em perfil, na massa do Zambujal	111
	Anexo 5 - Legenda e código de cores para os diferentes tipos de minério do Zambujal do Vulcan 3D®	112
	Anexo 6 - Cortes transversais integrais ou detalhes de cortes transversais, de N para S, da massa do Zambujal, com a implementação do local de amostragem nas sondagens (Vulcan 3D®, Somincor-Lundin Mining)	112
	Anexo 7 – Localização, data de amostragem e tipo de minério das amostras recolhidas no fundo de mina.	120
	Anexo 8 – Localização em planta e em perfil do local onde as amostras de fundo de mina foram colhidas (Vulcan 3D®, Somincor-Lundin Mining)	120
	Anexo 9 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais, óxidos, filossilicatos e carbonatos.....	123
	Anexo 10 – Limites de deteção (microsonda eletrónica) para cassiterite, filossilicatos, carbonatos, sulfuretos e sulfossais.....	125
	Anexo 11 - Estatística descritiva de análises de química mineral (EPMA)	127

Anexo 12 - Estatística descritiva para o minério maciço e para as diferentes tipologias de minério maciço do Zambujal	152
Anexo 13 - Distribuição espacial, em planta, das várias tipologias de minério maciço da massa do Zambujal	153
Anexo 14 - Distribuição espacial das várias tipologias de minério fissural da massa do Zambujal.	154
Anexo 15 – Matrizes de correlação para os elementos maiores e menores para o minério maciço total (Mass) e para as diferentes tipologias de minério maciço do Zambujal	155
Anexo 16 – Distribuição em planta dos elementos S, Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, As, Sb, Hg, Bi, In e Se no minério maciço do Zambujal.....	157
Anexo 17 – Perfil 18,5 com os principais cavalgamentos marcados e distribuição dos elementos S, Fe, Cu, Zn, Pb, Sn,Ag, As, Sb, Hg, Bi, In e Se, no minério maciço da massa do Zambujal.....	159

Lista de Figuras

Figura II.1- Mapa geológico simplificado da Zona Sul Portuguesa e localização dos principais depósitos de sulfuretos maciços da Faixa Piritosa Ibérica (adaptado de Luz et al., 2019).....	2
Figura II.2 - Representação esquemática da evolução geodinâmica da ZSP, com ênfase na FPI (adaptado de Oliveira ,1990; Silva et al., 1990). A – Colisão oblíqua com obducção parcial durante o Devoniano Superior; B e B’ – Subducção, colisão e início de extensão intracontinental; C e C’ - Inversão tectônica em regime transpressivo esquerdo como resposta da reativação da subducção oblíqua. ZOM – Zona de Ossa Morena; ZSP – Zona Sul Portuguesa.....	4
Figura II.3.A - Mapa geológico do anticlinal Rosário-Neves-Corvo, com localização das massas mineralizadas de Neves-Corvo (Retirado de Huston et al., 2011); B - Planta com localização das sete massas conhecidas em Neves-Corvo (Somincor-Lundin Mining 2017).	7
Figura II.4 - Representação esquemática da sequência tectono-estratigráfica da sequência da área de Neves-Corvo (adaptado de Oliveira et al., 2004).	7
Figura II.5 - Corte transversal da massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 1996).	12
Figura IV.1. Representação esquemática da sucessão litoestratigráfica, alteração hidrotermal, tipos de minério maciço e stockwork nas sondagens estudadas do setor nordeste. (1) Note-se que as sondagens FZ679. FZ670 e FZ665 foram realizadas de muro para teto da mineralização.....	18
Figura IV.2. Representação esquemática da sucessão litoestratigráfica, alteração hidrotermal, tipos de minério maciço e stockwork nas sondagens estudadas do setor sudoeste. (1) Note-se que as sondagens FZ849. FZ931, TZ208 e TZ225 foram realizadas de muro para teto da mineralização.....	19
Figura IV.3 - Amostras de sondagens representativas das várias litologias da sequência encaixante da mineralização. A -Intercalação centimétrica a decimétrica entre xistos e grauvaques da Formação de Mértola; B – Xistos ,com alteração sericitica, da Formação de Grandaços; C – Xistos negros do CVS; D – Rochas metavulcanoclasticas de teto do Zambujal; E – xistos negros, xistos sericiticos, carbonatos, chertes e nível de pirite maciça pertencentes à unidade JC; F – Xistos negros, com níveis de metassiltitos, da Formação de Neves.....	22
Figura IV.4 - Amostras de sondagens representativas dos vários tipos de mineralização intersetada. A – stockwork, em metapelitos com contribuição vulcânica (V1), com veios milimétricos a centimétricos de pirite e calcopirite; B - stockwork, em rochas vulcânicas riolíticas coerentes (V7), com veios milimétricos a centimétricos de pirite e quantidades acessórias de calcopirite. As rochas vulcânicas são intersetadas por vénulas de quartzo. C – Maciço estéril constituídos essencialmente por pirite; D – minério maciço de chumbo constituído por pirite intercalada com níveis muitos finos de ganga (carbonatos). É intersetado por fraturas preenchidas por carbonatos, galena e tetraedrite-tenantite. E – Minério maciço de zinco constituído pela alternância de níveis de pirite e vénulas de esfalerite; F – minério maciço de cobre (1) e (2) constituído por pirite e fraturas com remobilizações de calcopirite.; G – minério maciço de zinco e chumbo constituído pela alternância de níveis de pirite e vénulas de esfalerite e galena; H – minério maciço de cobre e zinco (1) bandado constituído pela alternância entre bandas de pirite, pirite-calcopirite, esfalerite-tetraedrite-tenantite (2) brechificado com fração clástica constituída por calcopirite e pirite e fracção cimento de esfalerite e tetraedrite-tenantite.	22
Figura V.2 – Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 1ª fase da mineralização: (A) Pirite colomórfica, parcialmente recristalizada e porosa, a ser substituída por calcopirite [ME:TZ225 – Z53; LR //]; (B) Pirite colomórfica e framboidal, com intercrescimentos finos de ganga [MZ: FZ402 – Z35; LR //]; (C) Pirite colomórfica, com intercrescimento de calcopirite [MP: FZ297 – Z55; LR //]; (D) Pirite colomórfica porosa. parcialmente recristalizada, com intercrescimentos finos de galena [MZP: FZ402 – Z34, LR //]; (E) Agregado de pirite colomórfica e framboidal, com intercrescimentos de galena [MZP: TZ208 – Z49, LR //]; (F) Pirite colomórfica, porosa, parcialmente recristalizada, localmente, substituída por calcopirite [MC: FZ330 – Z13, LR //];	

(G) Pirite framboidal, porosa e parcialmente recristalizada [MCZ: FZ330 – Z15, LR //]; (H) relíquia de pirite colomórfica parcialmente recristalizada substituída por calcopirite [MCZ: FZ327 – Z17B, LR //]. 27

Figura V.2 - Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 2ª fase da mineralização: (A) Amostra bandada, com alternância entre níveis de pirite e de esfalerite-arsenopirite [MZ: FZ320 – Z26, LR //]; (B) Exemplo do minério bandado de zinco e chumbo, com alternância entre níveis de pirite e níveis/vénulas de esfalerite-galena [MZP – FZ320 – Z25, LR //]; (C) Exemplo dum nível de galena-esfalerite, com esfalerite a substituir parcialmente a pirite [MZP: FZ849 – Z41, LR //]; (D) Vénula de esfalerite, em que esta encontra-se a substituir de forma pervasiva a pirite. Note-se que a Py Ib em alguns zonas encontra-se recristalizada [ME: TZ225- Z43, LR //]. (E) Alternância entre níveis de esfalerite e pirite. Nos níveis de esfalerite é possível observar que a esfalerite encontra-se a substituir a Py Ib, restando apenas, por vezes, relíquias desta [MZP: FZ402 – Z34, LR //]; (F) Ampliação de um nível dominado por esfalerite. Note-se a presença de cristais subédricos de pirite (Py II) [MZ: FZ931 – Z47, LR //]; (G) Intercrescimento de ganga (possivelmente siderite) num nível de esfalerite, com cristais subédricos de Py II [MZ: TZ225 – Z52, LR //]; (H) Presença de cristais de calcopirite e de minerais da série da estanita-kesterite associados à esfalerite [MZ: FZ320 – Z26, LR //]. 27

Figura V.3 - Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 4ª fase da mineralização. (A) e (B) fraturas tardias, com remobilizações de calcopirite, galena, arsenopirite e tetraedrite-tenantite. Note-se as inclusões de bournonite na tetraedrite-tenantite em (B). [MC: FZ322 – Z7, LR // & MC: FZ295 – Z38, LR //]; (C) Textura de recristalização com formação de cristais de arsenopirite [MCZ: FZ306 – Z2, LR //]; (D) Grão de pirite parcialmente rodado e parcialmente substituído por calcopirite [MCZ: FZ313 – Z12, LR //]; (E) Nível de pirite dobrado e fraturado, no seio de calcopirite, e que se encontra a substituir a esfalerite [MCZ: FZ306 – Z2, LR //]; (F) Boudin de um nível de pirite no seio de um nível de esfalerite [MCZ: TZ208- Z50, LR //]; (G) e (H) Textura de schliering com acomodação máxima de deformação ao longo de um plano. neste é possível observar 2 zonas ambas constituídas por pirite e esfalerite, mas uma com forte cominuição do grão. [MCZ: TZ208 – Z50, LR // & MCZ: TZ208 – Z50., LR //]. 28

Figura V.4 - Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 3ª fase da mineralização. Fotomicrografias (A) e (B) ilustram a 3ª fase precoce em que se observa a tetraedrite-tenantite a substituir a pirite e a ocorrência de cristais de galena-claustalite [MC: FZ322 – Z8, LR //]; As fotomicrografias de (C) e (H) ilustram a 3ª fase tardia. (C) Esfalerite com doença da tetraedrite-tenantite a ser substituída por calcopirite [MCZ: FZ313 – Z12, LR //]; (D) banda de esfalerite-tetraedrite-tenantite, na qual é possível observar o annealing da esfalerite [MCZ: FZ301 – Z4; LR //]; (E) Fase mais avançada da substituição da esfalerite por calcopirite, restando apenas, por vezes, fantasma de esfalerite [MCZ: FZ679 – Z21, LR //]; (F) e (G) Substituição intensa das fases minerais pré-existent (esfalerite e tetraedrite-tenantite) por calcopirite [MCZ: FZ306 – Z3, LR // & MCZ: FZ322 – Z8, LR //]; (H) Exemplo de pseudomorfose de pirite devido à intensa substituição desta por calcopirite [MC: FZ322 – Z8, LR //]. 28

Figura V.5 – Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais observados em lâmina delgada, sob luz transmitida e refletida. (A) Veio com sericite, clorite e óxidos de ferro [MP: FZ849 – Z43, LT X]; (B) Rocha carbonatada essencialmente constituída por siderite. Note-se que em algumas zonas os carbonatos se encontram corroídos e com neoformações de clorite [MP: FZ849 – Z43, LT //]; (C) Fraturas com sulfuretos e clorite a intersetando a rocha carbonatada [MP – FZ849- Z43, LT //]; (D) Exemplo da relíquia de metapelito com contribuição vulcânica, com matriz essencialmente sericítica com quantidades acessórias de carbonatos, e mineroclastos de quartzo [MP: FZ849 – Z44, LT //]; (E) Exemplo de uma zona de minério que se encontra a substituir o metapelito com contribuição vulcânica. Neste observa-se pirite com textura colomórfica parcialmente recristalizada [MP: FZ849 –

Z44, LR //]; (F) Exemplo de metapelito com contribuição vulcânica muito deformado na zona de transição minério maciço/minério fissural [MP: FZ849 – Z45, LT //]; (G) Zona da transição metapelito/minério marcado por carbonatos e esfalerite semi-opaca [MP: FZ849 – Z45, LT //]; (H) Minério maciço constituído por pirite brechificada e recristalizada, parcialmente substituído por calcopirite. Este domínio é intersetado por fraturas com remobilizações de calcopirite e galena [MP: FZ849 – Z45, LR //].	30
Figura VI.1- Concentração de Fe vs S em todas as gerações de pirite analisadas, discriminadas por tipologia de minérios, em wt%.	32
Figura VI.2 - Concentração de As vs somatório de Zn, Pb e Ag, de todas as gerações de pirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	33
Figura VI.3 - Concentração de S, em wt%, vs razão Zn/(Zn+Fe) em todas as gerações de esfalerite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.	34
Figura VI.4 - Concentração Cd, em wt%; vs razão Zn/(Zn+Fe) em todas as gerações de esfalerite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.	35
Figura VI.5 - Concentração de Cu vs In, em todas as esfalerites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	35
Figura VI.6 - Imagens composicionais de grãos de Sp III(?). (A) Imagem de elétrons retrodifundidos de alta resolução;(B), (C) e (D) mapas dos elementos In,Cu e Zn, respetivamente, desses grãos.	36
Figura VI.7 - Concentração S vs Se em todas as tipologias de esfalerite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	36
Figura VI.8 - Concentração de S, em wt%, vs razão Cu/(Cu+Fe) em todas as gerações de calcopirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.	38
Figura VI.9 - Concentração de S vs Se para todas as gerações de calcopirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	39
Figura VI.10 - Concentração de Cu vs In em todas as calcopirites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	39
Figura VI.11 - Imagem de elétrons retrodifundidos de alta resolução onde são visíveis grãos de galena I, com dimensão muito reduzida, disseminados na pirite.	40
Figura VI.12 - Concentração de S vs Pb para as várias gerações de galenas analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	41
Figura VI.13 - Concentração de Pb vs Cu para as várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	42
Figura VI.14 -Concentração de Pb vs Zn nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	42
Figura VI.15 - Concentração de Sb vs Pb nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	43
Figura VI.16 - Concentração de S vs Se nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	43
Figura VI.17 - Razão S/(S+Se) vs concentrações de Pb, em wt%, nas várias galenas analisadas, discriminadas por tipologia de minério.	45
Figura VI.18 - Concentração de Cu vs Pb nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	45
Figura VI.19 - Concentração de Zn vs Pb nas várias galenas analisadas discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	46
Figura VI.20 - Concentração de Ag vs Pb nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	46
Figura VI.21 - RazãoS/(S+Se) vs Pb/(Pb+Bi) nas várias gerações de galena e galena-claustalite analisadas, discriminadas por tipologias de minério.	47

Figura VI.22 - Concentração de Fe vs Co nas várias gerações de arsenopirite, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.	49
Figura VI.23 - Concentração de S vs Se nas várias gerações de arsenopirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.	49
Figura VI.24 - Razão Fe/(Fe+As) vs concentração de Co, em wt%, nas arsenopirites e na variedade danaíte, discriminadas por tipologia de minério analisado.	50
Figura VI.25 - Imagem de eletrões retrodifundidos de alta resolução, na qual é possível observar exsoluções de estanite no seio de esfalerite.	51
Figura VI.26 - Razão Cu/(Cu+Sn) vs Fe/(Fe+Zn) nos termos composicionalmente próximos da estanite, ferrokesterite e kesterite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.	52
Figura VI.27 - Concentração de Sn vs In nas várias minerais sulfuretadas portadoras de estanho, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	53
Figura VI.28 - Concentração de S vs Se nas várias fases sulfuretadas portadoras de estanho analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	53
Figura VI.29 - Concentração de Cu vs Ag nas várias gerações de tetraedrite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	55
Figura VI.30 - Concentração de Cu vs Fe nas várias gerações de tetraedrite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	55
Figura VI.31 - Concentração de Cu vs Bi nas várias gerações de tetraedrites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	56
Figura VI.32 - Concentração de S vs Se nas várias gerações de tetraedrites analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.	56
Figura VI.33 - Razão Fe/(Fe+Zn) vs concentração de Cu, em wt%, nas tenantites analisadas, discriminadas por tipologia de minério.	57
Figura VI.34 - Concentração de S vs As nas tenantites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	58
Figura VI.35 - Concentração de Cu vs Ag nas várias gerações de tetraedrite-tenantite analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.	59
Figura VI.36 - Concentração de As vs Sb nas várias gerações de tetraedrite-tenantite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.	59
Figura VI.37 - Concentração e Cu vs Bi nas várias gerações de tetraedrites-tenantites analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisadas, em wt%.	60
Figura VI.38 - Razão As/As+Sb vs Ag/Ag+Cu de todas as análises efetuadas de tetraedrites, tenantites e tetraedrites-tenantites, discriminadas por tipologia de minério.	60
Figura VI.39 - Imagens composicionais de grãos de cassiterite (A) Imagem de microscopia eletrónica de eletrões retrodifundidos de alta resolução;(B) mapa composicional do Sn.	62
Figura VI.40 - Projeção do total de catiões na posição octaédrica R^{2+} (vi) vs Si (iv) para a totalidade de análises em clorite, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016). Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: sudoite $[(Mg_2Al_3)(AlSi_3)O_{10}(OH)_4]$, amesite $[(Mg_4Al_2)(Al_2Si_2)O_{10}(OH)_8]$, clinoclóro – chamosite $[(Mg,Fe^{2+})_5Al](Si_3AlO_{10})(OH)_8$, lizardite $[Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8]$.	63
Figura VI.41 - Projeção da razão Fe/Fe+Mg vs Si (iv) para a totalidade de análises de clorite, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).	63
Figura VI.42 - Projeção do Al (vi) vs razão Al/Al+Mg+Fe para a totalidade de clorites analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).	64
Figura VI.43 - Imagens composicionais de grãos de micas intercrescida com óxidos (A) Imagem de eletrões retrodifundidos de alta resolução;(B), (C) e (D) mapas dos elementos Cr, Ti e V, respetivamente.	65

Figura VI.44 - Projeção Si (iv) vs Fe+Mg (vi) nas micas analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016). Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: moscovite (Ms) $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$, fengite (Ph) $K(Al_{1,5}R_{0,5}^{2+})(Si_{3,5}Al_{0,5})O_{10}(OH,F)_2$, leucofilite (Lc) $K(MgAl)Si_4O_{10}(OH,F)_2$ e ferrifengite (FPh) $K(Mg_{0,5}Fe_{0,5}^{2+})AlFe^{3+}(Si_{3,5}Al_{0,5})O_{10}(OH,F)_2$.	65
Figura VI.45 - Projeção dos conteúdos catiónicos por unidade de fórmula expressos pela relação $R3+$ vs $Fe + Mg + Mn + Ti + (Si - 3)$ mostrando os desvios da composição ideal das micas dioctaédricas para trioctaédricas para as micas	66
Figura VI.46 - Projeção dos conteúdos catiónicos por unidade de fórmula de Cr^{3+} vs Fe^{2+} para as micas analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).	66
Figura VI.47 - Projeção dos conteúdos catiónicos por unidade de fórmula de $Na/Na+K$ vs Al (vi) para as micas analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).	67
Figura VI.48 - Projeção da totalidade de análises efetuadas em no sistema ternário $MgCO_3$ - $MnCO_3$ - $FeCO_3$.	67
Figura VII.1 - Corte da massa do Zambujal, no perfil 18,5, com os principais acidentes tectónicos assinalados.	69
Figura VII.2 (A) Massa do Zambujal com os principais cavalgamentos marcados; (B) mapa da distribuição do As em planta, ao longo da massa do Zambujal.	71
Figura VII.3 - Mapa de distribuição dos elementos Cu, Bi e Sb, no perfil 18,5, no minério maciço do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018).	72
Figura XI.1 - Localização das sondagens e amostras estudadas, em planta e em perfil, na massa do Zambujal, no Vulcan 3D (Somincor-Lundin Mining).	111
Figura XI.2 - Código de cores para as diferentes tipologias de minério no Zambujal, do Vulcan 3D (Somincor-Lundin Mining).	112
Figura XI.3 - Corte transversal, no perfil 17,0, com a implementação da sondagem FZ110 e amostras Z32A/B.	112
Figura XI.4 - Corte transversal, no perfil 17,5, com a implementação das sondagens FZ581 e FZ638. (1) e (2) Correspondem a imagens de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: (1) amostras Z36 e Z37, da sondagem FZ581, e (2) amostra Z29 na sondagem FZ638.	113
Figura XI.5 - Corte transversal, no perfil 18,0, com a implementação das sondagens FZ623, FZ295, FZ297 e FZ306. (1), (2) e (3) Correspondem a imagens de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: (1) amostras Z18, Z19 e Z20 da sondagem FZ623 e Z38, da sondagem FZ295; (2) amostra Z55 da sondagem FZ27; e, (3) amostras Z1, Z2 e Z3 da sondagem FZ306.	114
Figura XI.6 - Corte transversal, no perfil 18,25, com a implementação das sondagens FZ679, com imagens de maior detalhe do local da sondagem onde se encontram as amostras colhidas, Z21, Z24, Z22 e Z23.	115
Figura XI.7 - Corte transversal, no perfil 18,5, com a implementação das sondagens FZ339, FZ301, FZ313, FZ322, FZ327 e FZ330. (1) e (2) Correspondem a imagens de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: (1) amostra Z27, da sondagem FZ339, e (2) amostras Z4, Z5 e Z6 da sondagem FZ301, amostras Z11 e Z12 da sondagem FZ313, amostras Z7, Z8, Z9 e Z10 da sondagem FZ322, amostras Z16 e Z17 A/B da sondagem FZ327 e amostras Z13, Z14 e Z15 da sondagem FZ330.	116
Figura XI.8 - Corte transversal, no perfil 18,75, com a implementação das sondagens FZ670 e FZ665, com imagem de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostras Z30 e Z31, da sondagem FZ670, e amostra Z48 na sondagem FZ665.	117

Figura XI.9 - Corte transversal, no perfil 19,0, com a implementação das sondagens FZ431, FZ402 e FZ320, com imagem de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostra Z28 da sondagem FZ435, amostras Z33, Z39, Z34 e Z35 da sondagem FZ402, e amostras Z25 e Z26 da sondagem FZ320.	118
Figura XI.10 - Corte transversal, no perfil 19,25, com a implementação das sondagens FZ849 e FZ931 com o local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostras Z40, Z41, Z42, Z43, Z44 e Z45 da sondagem FZ849 e amostras Z46 e Z47 da sondagem FZ931.	119
Figura XI.11 - Corte transversal, no perfil 20,0, com a implementação das sondagens TZ208 e TZ225 com o local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostras Z52, Z53 e Z54 da sondagem TZ20 e amostras Z48, Z50 e Z51 da sondagem TZ208..	119
Figura XI.12 - Planta com a localização das amostras de fundo, na massa do Zambujal.	120
Figura XI.13 – Localização da amostra de fundo ZF1 colhida na frente Z820B61, na massa do Zambujal.....	121
Figura XI.14 – Localização das amostras de fundo ZF2 e ZF3, na frente Z803B61, na massa do Zambujal.....	121
Figura XI.15 – Localização da amostra de fundo ZF4, na frente Z803B61, na massa do Zambujal. .	122
Figura XI.16 – Localização da amostra de fundo ZF5, na frente Z7454B08, na massa do Zambujal.	122
Figura XI.17 - Distribuição espacial, em planta, das várias tipologias de minério maciço da massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018).....	153
Figura XI.18 - Distribuição espacial das várias tipologias de minério fissural (FZ, FC e FE) da massa do Zambujal (dados da Somincor/Lundin Mining 2018)	154
Figura XI.19 – Mapeamento em planta dos principais cavalgamentos na massa do Zambujal (primeira imagem) e da distribuição dos elementos S, Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag e As, no minério maciço do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor-Lundin Mining 2018.....	157
Figura XI.20 - Mapeamento em planta da distribuição dos elementos Sb, Hg, Bi, In e Se , no minério maciço do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor-Lundin Mining 2018.....	158
Figura XI.21 - Mapa de distribuição em perfil dos elementos S, Fe, Cu, Zn e Pb, no perfil 18,5, na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor/Lundin Mining 2018. Os principais cavalgamentos encontram-se marcados a tracejado. .	159
Figura XI.22- Mapa de distribuição em perfil dos elementos Sn, Ag, As e Sb, no perfil 18,5, na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor/Lundin Mining 2018. Os principais cavalgamentos encontram-se marcados a tracejado.	160
Figura XI.23 - Mapa de distribuição em perfil dos elementos Hg, Bi, In e Se, no perfil 18,5, na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor/Lundin Mining 2018. Os principais cavalgamentos encontram-se marcados a tracejado.	161

Lista de Tabelas

Tabela II.1 - Teores de corte médios para exploração e para desenho (modelo de blocos para cálculo de reservas), dos vários tipos de minério/estéril para a massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018). * Não apresenta teores uma vez que os tipos de minério correspondentes não se encontram em exploração; **Sulfuretos maciços e stockworks estéreis.	13
<i>Tabela II.2 - Média dos teores, volume, densidade e tonelagem dos recursos totais do Zambujal, por tipo de minério (Somincor-Lundin Mining 2018).</i>	<i>13</i>
Tabela III.1. Amostras colhidas por tipo de minério e percentagem relativa de cada tipologia de minério maciço na massa do Zambujal.	14
Tabela V.1 -Quadro paragenético geral da sequência de deposição reconhecida na massa do Zambujal.	23
Tabela V.2 – Sulfuretos e sulfossais identificados nos diferentes minérios do Zambujal. * Retirado de Ramdohr (1980, Anthony (2003) e Deer et al. 2010.	24
Tabela XI.1- Média dos teores, volume, densidade e tonelagens dos recursos medidos, indicados e inferidos correspondentes aos diferentes tipos de minério maciço e fissural da massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018).	87
Tabela XI.2 - Re-logging da sondagem FZ110.	87
Tabela XI.3 - Re-logging da sondagem FZ295	88
Tabela XI.4 - Re-logging da sondagem FZ297.	89
Tabela XI.5 - Re-logging da sondagem FZ301.	90
Tabela XI.6 - Re-logging da sondagem FZ306.	91
Tabela XI.7 - Re-logging da sondagem FZ313.	92
Tabela XI.8 - Re-logging da sondagem FZ320.	93
Tabela XI.9 - Re-logging da sondagem FZ322.	94
Tabela XI.10 - Re-logging da sondagem FZ327.	95
Tabela XI.11 - Re-logging da sondagem FZ330.	96
Tabela XI.12 - Re-logging da sondagem FZ339.	97
Tabela XI.13 - Re-logging da sondagem FZ402.	98
Tabela XI.14 - Re-logging da sondagem FZ435.	99
Tabela XI.15 - Re-logging da sondagem FZ581.	100
Tabela XI.16 - Re-logging da sondagem FZ623.	101
Tabela XI.17 - Re-logging da sondagem FZ638.	102
Tabela XI.18 - Re-logging da sondagem FZ665.	103
Tabela XI.19 - Re-logging da sondagem FZ670.	104
Tabela XI.20 - Re-logging da sondagem FZ679.	105
Tabela XI.21 - Re-logging da sondagem FZ849.	106
Tabela XI.22 - Re-logging da sondagem FZ931.	107
Tabela XI.23 - Re-logging da sondagem TZ208.	108
Tabela XI.24 - Re-logging da sondagem TZ225.	109
Tabela XI.25 - Listagem das amostras colhidas na massa do Zambujal, indicando a sondagem, o intervalo analisado, o número da análise química, ponto de amostragem e respetivo código (Somincor-Lundin Mining).	110
Tabela XI.26 - Localização das amostras de fundo de mina, com referência e tipologia de minério da frente onde foram colhidas, data de amostragem e referência das amostras.	120
Tabela XI.27 - Condições analíticas nas análises pontuais de sulfuretos e sulfossais.	123
Tabela XI.28 - Condições analíticas utilizadas nas análises pontuais de carbonatos.	123
Tabela XI.29 - Condições analíticas utilizadas nas análises pontuais de filossilicatos.	124

Tabela XI.30 - Condições analíticas nas análises pontuais de óxidos.....	124
Tabela XI.31- Limites de detecção (microsonda eletrônica) de cassiterite, filossilicatos e carbonatos, em ppm.	125
Tabela XI.32. Limites de detecção (microsonda eletrônica) para os sulfuretos e sulfossais, em ppm. *inclui a variedade danaíte e a Fe -cobaltite; **inclui a variedade galeno-clausthalite, a cosalite e os selenetos de Bi-Pb; *** série estanite-kesterite.....	126
Tabela XI.33 -Estatística descritiva das várias gerações de pirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.	127
Tabela XI.34 - Estatística descritiva das várias gerações de pirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).....	128
Tabela XI.35 - Estatística descritiva das várias gerações de esfalerite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	129
Tabela XI.36 - Estatística descritiva das várias gerações de esfalerite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).....	130
Tabela XI.37 - Estatística descritiva das várias gerações de calcopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	131
Tabela XI.38 - Estatística descritiva das várias gerações de calcopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).....	132
Tabela XI.39 - Estatística descritiva das várias gerações de calcopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).....	133
Tabela XI.40 - Estatística descritiva das várias gerações de galena analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.	134
Tabela XI.41 - Estatística descritiva das várias gerações de galena-claustalites analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..* análises com totais baixos	135
Tabela XI.42 - Estatística descritiva das várias gerações de cosalites analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.. Análises com totais baixos	136
Tabela XI.43 - Estatística descritiva das várias gerações de arsenopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	137
Tabela XI.44 - Estatística descritiva das várias gerações de arsenopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).....	138
Tabela XI.45 - Estatística descritiva das várias gerações de arsenopirite cobaltífera -Danaíte, analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.	139
Tabela XI.46 - Estatística descritiva das várias gerações, próximas do termo composicional da estanite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	140
Tabela XI.48 - Estatística descritiva das várias gerações , próximas do termo composicional kesterite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	141
Tabela XI.47 - Estatística descritiva das várias gerações, próximas do termo composicional ferrokesterite analisadas, por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	141
Tabela XI.49 - Estatística descritiva das várias gerações de tetraedrite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	142
Tabela XI.50 - Estatística descritiva das várias gerações de tetraedrite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).....	143
Tabela XI.51 - Estatística descritiva das várias gerações de tenantite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	144
Tabela XI.52 - Estatística descritiva das várias gerações de tetraedrite-tenantite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	145
Tabela XI.53 - Estatística descritiva das várias gerações de cobaltite ferrífera analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.....	146

Tabela XI.54 - Estatística descritiva dos selenetos de Bi-Pb analisadas no minério do tipo MC, em wt%.....	147
Tabela XI.55 - Estatística descritiva das várias gerações de cassiterite analisadas por tipologia de minério, em wt% (resultado semi-quantitativo, ver Cassiterite).	148
Tabela XI.56 - Estatística descritiva das várias clorites analisadas no minério do tipo MP, em wt% e em a.p.f.u.....	149
Tabela XI.57 - Estatística descritiva das várias micas potássicas dioctaédricas analisadas no minério do tipo MP, em wt% e em a.p.f.u.	150
Tabela XI.58 - Estatística descritiva das várias siderites-sideroplesites analisadas no minério do tipo MP, em wt% e em a.p.f.u.	151
Tabela XI.59 - Estatística descritiva para as diferentes tipologias de minério maciço do Zambujal utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos (Somincor-Lundin Mining 2018).	152
Tabela XI.60 - Matrizes de correlação para o minério maciço total (Mass) e para os minérios do tipo MCZ, MZP e MC, da massa do Zambujal (n>22315), utilizando a base de dados de rocha total da amostragem de fundo e sondagens (Somincor-Lundin Mining 2018).	155
Tabela XI.61 - Matrizes de correlação para o minério maciço total (Mass) e para os minérios do tipo ME, MP e MZ, da massa do Zambujal (n>22315), utilizando a base de dados de rocha total da amostragem de fundo e sondagens (Somincor-Lundin Mining 2018).	156

Lista de Abreviaturas

Domínios tectono-estratigráficos

Zona Sul Portuguesa	ZSP	Faixa Piritosa Ibérica	FPI
Zona de Ossa Morena	ZOM		

Unidades Litoestratigráficas

Grupo Filito-Quartzítico	GFQ	Grupo <i>Flysch</i> do Baixo Alentejo	GFBA
Complexo Vulcano-Sedimentar	CVS		

Geologia - diversos

Norte	N	Peso por cento	Wt%
Sul	S	Partes por milhão	ppm
Este	E	Milhões de anos	Ma
Oeste	W	Milhões de toneladas	Mt
Átomos por fórmula unitária	<i>a.p.f.u.</i>		

Fases Minerais (adaptado de Whitney & Evans, 2010)

Arsenopirite	Apy	Estanite	Stn
Bournonite	Bnn	Ferrokesterite	Fe-Kst
Calcopirite	Ccp	Galena	Gn
Carbonatos	Cb	Galena-Claustalite	Gn-Cth
Cassiterite	Cst	Kesterite	Kst
Cobaltite ferrífera	Fe-Cbt	Pirite	Py
Cosalite	Cslt	Siderite	Sd
Clorite	Chl	Tetraedrite	Ttr
Danaíte	Dnt	Tenantite	Tnt
Esfalerite	Sp		

Tipologias de minério

Fissural de cobre	FC	Minério maciço de cobre	MC
Fissural estéril	FE	Minério maciço de cobre e zinco	MCZ
Fissural de zinco	FZ	Minério maciço de zinco	MZ
Maciço estéril	ME	Minério maciço de zinco e chumbo	MZP
Minério maciço de chumbo	MP		

Outros

<i>e.g.</i>	<i>Exemplo gratia</i> (por exemplo)	Quilómetro	km
		Metro	m

I. Introdução

Desde a sua descoberta em 1977 (Leca *et al.*, 1983), o depósito de Neves-Corvo foi objeto de diversos estudos detalhados de modelos genéticos, fontes de fluidos e metais, assinaturas isotópicas e estilos de mineralização (*e.g.* Munhá *et al.*, 1986; Marcoux, 1998; Relvas, 2000; Relvas *et al.* 2001; 2006a; 2006b; Sánchez-España *et al.*, 2003; Tornos, 2006; Carvalho, 2016), estudos mineralógicos e texturais (*e.g.* Gaspar, 1991; 2002; Pinto *et al.*, 1995), de vulcanologia física (*e.g.* Rosa *et al.*, 2008; 2010), geocronologia, estratigrafia (*e.g.* Oliveira *et al.*, 2004; 2005; 2013; Solá *et al.*, 2015), de ocorrência de metais traço valorizantes (*e.g.* Benzaazoua *et al.*, 2003; Pinto *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2018), e geometurgia (*e.g.* Frenzel, 2018). Além da mineralização de cassiterite maciça (até 60% SnO₂) e minérios de alto teor em cobre (recurso inicialmente definido de 34 Mt @ 8,5 % Cu), o depósito de Neves-Corvo apresenta também importantes reservas de minérios de zinco (>117 Mt @ 5,87% Zn; Relvas, 2000; Relvas *et al.*, 2001; Carvalho, 2016; Carvalho *et al.*, 2018).

Neves-Corvo encontra-se hospedado numa das províncias metalogenéticas de sulfuretos maciços poli-metálicos de referência mundial - a Faixa Piritosa Ibérica (FPI). Esta contém mais de 80 depósitos conhecidos, dos quais se destacam também Aljustrel, em Portugal, e Rio Tinto, Tharsis, La Zarza, Sotiel, Aznalcóllar, Las cruces e Águas Tenidas, em Espanha (Sáez *et al.*, 1999; Leistel *et al.*, 1998; Tornos *et al.*, 2006).

Em Neves-Corvo, para além da exploração dos seus metais económicos - Cu e Zn -, existe um subproduto valorizante - Ag - e outros que se revelam promissores como o In e o Se. Dado o crescente aumento de consumo deste tipo de metais, considerados críticos, existe um interesse óbvio na avaliação, determinação da fase portadora e correlação intermetálica envolvendo estes metais nos diferentes tipos de minério nas várias massas do jazigo. Em Neves-Corvo, existe uma correlação positiva geral entre o In e o Cu à escala do depósito, que contrasta com a maioria dos restantes depósitos VHMS ricos em índio, onde este segue tipicamente o Zn (Carvalho *et al.*, 2018). Assim, a avaliação do potencial dos minérios zincíferos em termos de metais de alta tecnologia é importante, uma vez que há reconhecimento generalizado de que estes elementos acrescentam valor aos concentrados de zinco, já que são pagos pela generalidade das metalurgias do zinco.

O Zambujal é uma das sete massas mineralizadas de Neves-Corvo e já foi abordado em vários estudos, nos quais se incluem os de Pinto (2008), Pinto *et al.* (2014), Carvalho (2016) e Carvalho *et al.*, (2018). Com base nos dados obtidos nestes trabalhos e nas análises de rocha total realizadas pela Somincor-Lundin Mining constatou-se que os minérios do Zambujal se caracterizam por vincadas singularidades no contexto do jazigo de Neves-Corvo, em especial no que diz respeito à existência e abundância de elementos penalizantes (*e.g.* As, Sb, Hg) e elementos valorizantes (*e.g.* Ag, In e Se), bem como as correlações existentes entre metais, que muitas vezes não são paralelizáveis com as tendências observadas nas outras massas ou à escala do depósito (*e.g.* Carvalho, 2016).

O presente trabalho incide sobre o estudo dos diferentes tipos de minério maciço da massa do Zambujal tendo como foco compreender quais as características que a tornam significativamente distinta das restantes massas do jazigo de Neves-Corvo. Estas incluem a abundância relativa de um número significativo de metais, incluindo o In e Se, bem como a sua distribuição, determinação da fase portadora e correlações intermetálicas. Importa caracterizá-las, compreendê-las e interpretá-las em ordem à história sin- e pós-metalogenética do sistema mineralizante.

Assim, os objetivos principais definidos para este programa de mestrado foram os seguintes (a) *re-logging* e caracterização macroscópica das amostras colhidas, representativas das várias tipologias de minério maciço; (b) caracterização microscópica mineralógica e textural, com definição de um quadro paragenético para a massa; (c) caracterização micro-analítica das várias fases minerais presentes, procurando averiguar a existência ou não de variações composicionais ao nível dos elementos menores e traço; (d) avaliação da abundância, distribuição e construção de matrizes de correlação para os vários metais analisados por rocha total na base de dados da Somincor-Lundin Mining ; e, por último, (e) integração dos resultados obtidos e interpretações preconizadas no modelo genético previamente apresentados para o depósito de Neves-Corvo (Relvas, 2000; Relvas *et al.*, 2001; 2006b; Huston *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2019).

II. Enquadramento Geológico

II.1. Geologia regional

O jazigo de Neves-Corvo insere-se na FPI, um dos domínios da Zona Sul Portuguesa (ZSP), mais concretamente na terminação SE do antiforma do Rosário (Figura II.1) O contacto norte da ZSP com a Zona de Ossa Morena, coincide com uma antiga sutura orogénica, sublinhada por terrenos exóticos (e.g. Fonseca & Ribeiro, 1993, Quesada, 1991, Quesada *et al.*, 1994): o Complexo Ofiolítico de Beja-Acebuches e o Terreno do Pulo do Lobo (representando o prisma acrecionário). O contacto sul e oeste com a sequência marinha Meso-Cenozóica, corresponde a uma discordância angular ou zona de falha, e o contacto noroeste e sudeste está coberto pelas bacias Cenozóicas dos rios Sado e Guadalquivir, que consistem em depósitos sedimentares de cobertura (e.g. Oliveira *et al.*, 2013a).

A FPI apresenta aproximadamente 250 km de extensão, entre Sevilha (Espanha) e Marateca (Portugal) e 25 a 70 km de largura. Ao longo da sua extensão desenvolve curvatura que se caracteriza por orientação E-W em território espanhol e NW-SE em território português (Figura II.1).

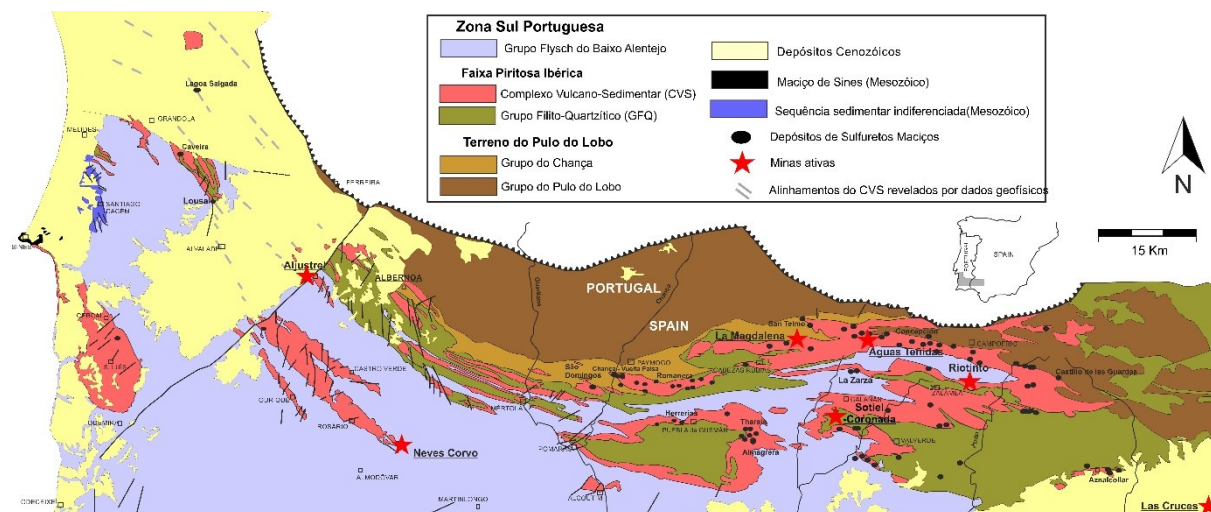


Figura II.1- Mapa geológico simplificado da Zona Sul Portuguesa e localização dos principais depósitos de sulfuretos maciços da Faixa Piritosa Ibérica (adaptado de Luz *et al.*, 2019).

II.1.1. Estratigrafia

Em termos lito-estratigráficos, a FPI compreende três unidades fundamentais que consistem, da base para o topo, no Grupo Filito-Quartzítico (GFQ), no Complexo Vulcano-Sedimentar (CVS) e no Grupo *Flysch* do Baixo Alentejo (ou “Culm”, GFBA) (Schermmerhorn, 1971; Oliveira, 1990; Oliveira *et al.*, 2013 a, b).

A subdivisão da FPI em dois ramos (Norte e Sul) baseando-se apenas na intensidade da deformação é discutível pois a acomodação (heterogénea) da mesma é função do comportamento reológico diferencial das litologias e da arquitetura da sequência litológica. No entanto, existem diferenças em termos tectono-estratigráficos e, segundo Oliveira (1990), a FPI subdivide-se em dois ramos principais, um ramo norte, onde a sequência GFQ - CVS aparece sistematicamente sobreposta por escamas tectónicas de rochas pertencentes ao GFQ e/ou aos CVS; e um ramo sul, onde a sequência estratigráfica (GFQ – CVS - GFBA) se mantém .

O GFQ corresponde à unidade mais antiga da FPI estando datada de Fameniano médio a superior, na região de Neves-Corvo (Devónico superior; Oliveira, 1990; Leistel *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2013). Nos domínios dobrados autóctones, o GFQ aflora no núcleo das estruturas anticlinais (Oliveira *et al.*, 2013, 2014; Inverno *et al.*, 2015) e consiste numa sequência sedimentar monótona detrítica, depositada em ambiente de águas pouco profundas, composta maioritariamente por filitos intercalados em quartzitos (por vezes contendo níveis metaconglomeráticos) e xistos negros, apresentando nódulos ou lenticulas de meta-calcários a topo (Boogaard e Schermerhorn, 1981; Sáez *et al.*, 1996; Oliveira *et al.*, 2013). A base do GFQ não se encontra delimitada (Oliveira *et al.*, 2005) e a idade mais antiga obtida para esta unidade, até os dias de hoje, em toda a FPI, é do Givetiano inferior a Fameniano superior/Estruniano (Pereira *et al.*, 2007; 2010).

O CVS tem idade compreendida entre o Fameniano superior e a base do Viseano superior de acordo com dados palinológicos, corroborados por datações U/Pb e outros sistemas isotópicos (Pb-Pb, Rb-Sr; *e.g.*: Oliveira *et al.*, 1990; Relvas *et al.*, 2001; Berrie *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2007; Solá *et al.*, 2015). Este complexo tem morfologia alongada e descontínua e apresenta variações laterais e verticais de fácies (Sáez *et al.*, 1996; Tornos, 2006), sendo um marcador relevante à escala regional a unidade de xistos borra de vinho (Tornos, 2006), frequentemente associado a sedimentos vulcanoclásticos finos e xistos siliciosos verdes (Oliveira *et al.*, 2013a). O CVS é composto por intercalações e/ou interdigitações de rochas vulcânicas e metasedimentares cuja espessura varia entre 100 e 600 m (Oliveira, 1990, Sáez *et al.*, 1996), podendo localmente atingir 1300 m (Tornos, 2006). A preponderância entre a componente vulcânica e metassedimentar depende da distância aos centros eruptivos; nas zonas proximais predomina a componente vulcânica ao passo que nas zonas distais esta é subordinada relativamente à sedimentar. A componente sedimentar do CVS é caracterizada pela intercalação de unidades (fácies) pelíticas, podendo conter contribuições vulcanogénicas variadas. A alternância e a variação de espessura entre estes refletem períodos de aquiescência do vulcanismo e a diminuição de remobilização dos produtos vulcânicos, acompanhada por aumento de sedimentação fina, típica de bacia de deposição. A componente vulcânica da FPI apresenta carácter bimodal em que as rochas félsicas (cerca de 70% considerando afloramentos e sondagens; Tornos, 2006) predominam sobre as máficas, com quantidades subordinadas de rochas intermédias, comparativamente a estas (*e.g.* Tornos, 2006; Oliveira *et al.*, 2013a). Este vulcanismo ocorreu predominantemente em ambiente sedimentar marinho pouco oxigenado, denunciado pela presença de xistos negros ao longo da sucessão (Oliveira *et al.*, 2013a)

Intercalados em diferentes níveis da sequência do CVS ocorrem unidades de jaspe e cherte, em particular no CVS superior. Estas são interpretadas como produtos da atividade hidrotermal precoce de carácter regional, ou dos estádios iniciais ou finais da atividade hidrotermal mineralizantes que originou os depósitos de sulfuretos maciços. (Barriga, 1990; Leistel *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2013a).

O CVS é sobreposto pelo GFBA que corresponde a uma sequência sedimentar marinha do Carbónico Superior, com mais de 5 km de espessura, dominada por turbiditos, e é composta por três formações, Mértola, Mira e Brejeira (Oliveira *et al.*, 2013). A Formação de Mértola, de idade Viseano superior, é

constituída por bancadas centimétricas a métricas de metagrauvaques que alternam com xistos, e metaconglomerados; a Formação de Mira, de idade Viseano a Namuriano, é constituída por xistos e metarenitos; e a Formação de Brejeira é composta por xistos, metarenitos e metagrauvaques e é de idade Namuriano médio a Westfaliano inferior (Oliveira, 1990, Oliveira *et al.*, 2013, 2014).

II.1.2. Evolução geotectónica

O modelo mais amplamente aceite (Figura II.2) para a evolução geodinâmica da ZSP considera que no início do Fameniano (Devónico superior) se iniciou a subducção direta entre a ZSP e a Zona de Ossa Morena (ZOM) que evolui para colisão continental (sinistrógrica) oblíqua durante o Viseano e Westfaliano médio (Carbónico médio a superior). Como consequência da colisão oblíqua geraram-se condições para abertura transtensiva de bacias intracontinentais *en échelon*, nas margens continentais adelgadas da ZSP, palco de considerável atividade magmática (Silva *et al.*, 1990, Oliveira *et al.*, 1990; Quesada, 1991, Tornos *et al.* 2005; Oliveira *et al.*, 2013a). É de salientar que a sutura que corresponde à zona de subducção se encontra sublinhada pelo complexo ofiolítico de Beja-Acebuches e pelo Terreno do Pulo do Lobo, que representa o prisma acrecionário (Silva *et al.*, 1990; Quesada, 1991).

Neste modelo, e de acordo com a sucessão estratigráfica, o GFQ estava a ser depositado em ambiente de margem passiva epicontinental marinha, de baixa profundidade, durante o Devónico superior. De seguida, até ao Carbónico médio, o regime transtensivo promoveu a abertura de bacias intracontinentais *pull-apart*, nas quais se depositaram sedimentos siliciclásticos e ocorreu formação de rochas vulcânicas, em resultado da atividade vulcânica bimodal da FPI (CVS).

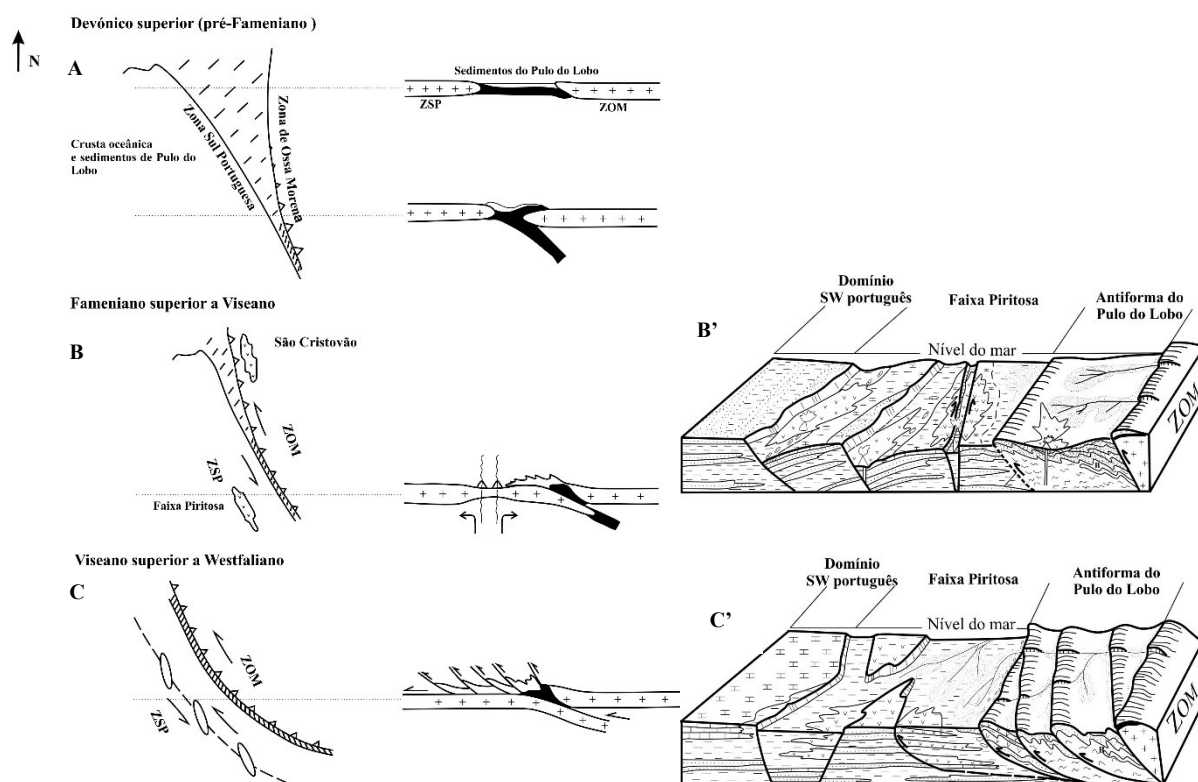


Figura II.2 - Representação esquemática da evolução geodinâmica da ZSP, com ênfase na FPI (adaptado de Oliveira, 1990; Silva *et al.*, 1990). A – Colisão oblíqua com obducção parcial durante o Devónico Superior; B e B' – Subducção, colisão e início de extensão intracontinental; C e C' – Inversão tectónica em regime transpressivo esquerdo como resposta da reativação da subducção oblíqua. ZOM – Zona de Ossa Morena; ZSP – Zona Sul Portuguesa.

Durante o Viseano superior (Carbónico médio) ocorreu inversão tectónica para um regime transpressivo em resposta à reativação da subducção oblíqua (Silva *et al.*, 1990). Devido a esta inversão, a atividade

vulcânica cessou e iniciou-se a sedimentação turbidítica sin-orogénica de uma bacia sedimentar do tipo *foreland* (GFBA; Oliveira *et al.*, 1990, Silva *et al.*, 1990, Oliveira *et al.*, 2013a). Associado à evolução tectónica na FPI são normalmente consideradas duas fases de dobramento, com desenvolvimento de xistosidade (Silva *et al.*, 1990, 1997) A primeira fase (durante o Viseano superior) corresponde à inversão das estruturas prévias extensionais para falhas de baixo ângulo, que conferiu ao orógeno uma tectónica do tipo *thin-skinned* com geração de dobras isoclinais e *carreamentos* (Silva *et al.*, 1990). O segundo episódio (durante o Westfaliano), com expressão regional, é caracterizado pelo dobramento das estruturas formadas na primeira fase dando origem a dobras NW-SE, com vergência para SW (Silva *et al.*, 1990, Oliveira, 1990, Oliveira *et al.*, 2013a).

II.1.3. Metamorfismo

O episódio de deformação Varisco na FPI foi acompanhado de metamorfismo regional de baixo grau que se sobrepôs a um estágio de alteração hidrotermal precoce. O metamorfismo regional é marcadamente não-isoquímico e está relacionado com a interação com a água do mar e/ou sistemas hidrotermais relacionados com a formação de depósitos de sulfuretos maciços (Munhá, 1990). Este processo é responsável pela alteração das litologias por troca de álcalis e alcalino-terrosos (Ca, Na \pm K), hidratação, oxidação e carbonatação (Munhá, 1990).

Foram distinguidas quatro zonas metamórficas com base nas associações de minerais metamórficos em rochas metavulcânicas máficas e dados de cristalinidade da ilite em rochas metassedimentares (Munhá, 1990). Estas quatro zonas são sub-paralelas à zona de sutura Varisca do SW Ibérico, e o seu caráter prógrado processa-se de SW para NE, desde a fácies zeolítica no extremo sul, passando pela fácies da prenite-pumpleíte e dos xistos verdes, até à fácies dos xistos verdes alta na Formação do Pulo do Lobo (Munhá, 1990)

II.1.4. Enquadramento metalogenético geral

As mineralizações de sulfuretos maciços estão hospedadas em rochas metassedimentares (*e.g.* Lousal, Las Cruces, Tharsis), rochas félsicas (*e.g.* La Zarza, Aljustrel) e associadas também a rochas máficas (como é o caso de São Domingos; Sáez *et al.*, 1996). Ocorrem como corpos mais ou menos lenticulares de sulfuretos maciços, concordantes, singenéticos com as rochas hospedeiras e, geralmente, com *stockworks* associados (Barriga, 1990; Sáez *et al.*, 1996).

A alteração hidrotermal relacionada com a formação de depósitos de sulfuretos maciços é uma característica proeminente de diversas litologias do CVS, na FPI, (Barriga, 1990) que antecedeu o episódio de metamorfismo regional (Munhá, 1990). A alteração hidrotermal espelha a interação entre os fluidos hidrotermais e as rochas encaixantes, cuja composição é modificada em sistema aberto (Sáez *et al.*, 1996). Esta alteração a muro das mineralizações apresenta zonação concêntrica, por vezes bem definida, com núcleo central rico em clorite (alteração clorítica) rodeada por um halo rico em sericite (alteração sericítica; Sáez *et al.*, 1996; Leistel *et al.*, 1998). Estas alterações são acompanhadas de silicificação, sulfidização e carbonatação (Sáez *et al.*, 1996). Estudos detalhados demonstraram que existe variação da proporção entre Fe, Mg, Ba, Na e Ca ao longo dos halos, sendo a zona central enriquecida em Fe-Mg-Ba e a zona periférica em Na-Ca (Relvas, 1991; Leistel *et al.*, 1998). É de salientar que a morfologia dos padrões de alteração, bem como a intensidade da alteração são condicionadas por parâmetros físico-químicos relacionados com a composição das rochas hospedeiras e do fluido hidrotermal, temperatura, razão água-rocha e distribuição 3D da permeabilidade.

Foram reconhecidos mais de 60 minerais diferentes que ocorrem na associação mineral do minério e da ganga nos depósitos de sulfuretos maciços da FPI (Carvalho, 2016). Os minerais mais comuns nestes

minérios são a esfalerite, galena, pirrotite, arsenopirite e calcopirite que se associam à pirite, o mineral mais abundante (Sáez *et al.*, 1998). Em quantidades menores ocorre tetraedrite - tenantite, estanita, cassiterite, kesterite e sulfossais de Bi-Sn-Pb-As (Sáez *et al.*, 1996; Leistel *et al.*, 1998; Carvalho, 2016). É de notar que apesar de a cassiterite ocorrer em vários dos depósitos (ocorrendo sob forma de grãos ovoides inclusos na esfalerite; Carvalho, 2016), foi apenas em Neves-Corvo que esta foi encontrada sob a forma de mineralização maciça e/ou em veios (*stringer*). Em Neves-Corvo ocorrem também sulfuretos de In e Se sob a forma de roquesite (CuInS_2) e junoíte ($\text{Pb}_3\text{Cu}_2\text{Bi}_8(\text{S,Se})_{16}$), em quantidades acessórias (Pinto *et al.*, 2014; Carvalho, 2016).

Os minérios são caracterizados por apresentarem grão fino e texturas bandadas, brechificadas, framboiadas e colomórficas bem como estruturas sin-sedimentares como laminação cruzadas e *graded-bedding* (Sáez *et al.*, 1998; Leistel *et al.*, 1998; Carvalho, 2016). A distribuição zonada dos metais consiste tipicamente numa zona interna basal rica em cobre, seguida de zonas superiores e/ou mais periféricas ricas em Zn e Pb (Sáez *et al.*, 1996).

Os modelos genéticos propostos para a formação de depósitos de sulfuretos na FPI favorecem o modelo híbrido, envolvendo processos que concorrem para formação de depósitos do tipo VHMS e SEDEX. A existência de diferentes modelos deposicionais para a formação dos depósitos de sulfuretos maciços da FPI refletem diferentes constrangimentos locais relacionados com os ambientes e estilos de mineralização. Estes modelos incluem a deposição a partir de uma salmoura (*e.g.* Tharsis); substituição de sedimentos ricos em matéria orgânica da superfície do fundo do mar que funcionaram como armadilhas químicas e/ou barreiras físicas para a deposição de sulfuretos (*e.g.* Aznalcóllar); substituição de rochas vulcânicas e metassedimentares subjacentes a unidades menos permeáveis (*e.g.* Aljustrel); e situações transicionais entre 2 ou mais modelos já referidos (*e.g.* Neves-Corvo; Barriga e Fyfe, 1988; Sáez *et al.*, 1996; Almodóvar *et al.*, 1998; Leistel *et al.*, 1998; Relvas *et al.*, 2006a, Carvalho, 2016).

As assinaturas isotópicas e geoquímicas dos fluidos intervenientes na formação de depósitos de sulfuretos maciços na FPI indicam contribuições de múltiplas fontes, sendo a principal a água do mar modificada, por interação com rochas sedimentares e vulcânicas (Munhá *et al.*, 1986; Sáez *et al.*, 1999; Relvas, 2000; Relvas *et al.*, 2001; 2006^a; Sánchez-España *et al.*, 2003). Foram propostas outras contribuições com base em isótopos de O-H ($\delta^{18}\text{O}=0\text{‰} - 13\text{‰}$ e $\delta\text{D}= -45\text{‰} - -5\text{‰}$; Tornos, 2006). Estas incluem contribuições menores magmáticas ($<15\text{‰}$; Munhá *et al.*, 1986), metamórficas e/ou magmáticas juntamente com a água do mar (Sánchez-España *et al.*, 2003) e de fluidos magmáticos e/ou metamórficos e/ou águas conatas na água do mar modificada (Tornos, 2006).

Com a exceção de Neves-Corvo, as assinaturas de isótopos radiogénicos, a razão entre metais e dados isotópicos de chumbo (Marcoux, 1998; Relvas *et al.*, 2001; Jorge *et al.*, 2007, Carvalho, 2016), de neodímio (Relvas *et al.*, 2001, Carvalho, 2016) de estrôncio (Tornos e Spiro, 1999; Relvas *et al.*, 2001, Carvalho, 2016) e de ósmio (Mathur *et al.*, 1999; Munhá *et al.*, 2005) sugerem a existência de um reservatório metalífero relativamente homogéneo que se tenha constituído como fonte comum para a maioria dos metais da FPI, a sequência siliciclástica hospedeira (o GFQ, o maior contribuinte, e o CVS; Relvas *et al.*, 2001; Relvas *et al.*, 2006 a, b; Huston *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2013a).

II.2. Geologia local

O depósito de Neves-Corvo localiza-se na terminação SE do anticlinal do Rosário - Neves-Corvo, na porção Portuguesa da FPI, a cerca de 20 km de Castro Verde. Este apresenta orientação geral NW-SE e vergência para SW, tendo um flanco longo para NE e um flanco curto para SW e apresenta núcleo ocupado pelo GFQ (Figura II.3A; Oliveira *et al.*, 2013a).

O reconhecimento da sucessão estratigráfica resultou de diversos estudos de palinoestratigrafia (*e.g.*: Pereira *et al.*, 2004, 2007; Oliveira *et al.*, 2004), de observações realizadas pelos geólogos mineiros à superfície (*e.g.* Albouy *et al.*, 1981; Leca *et al.*, 1983; 1985) e em profundidade e de estudos complementares a unidades vulcânicas realizadas por Rosa (2007, 2008).

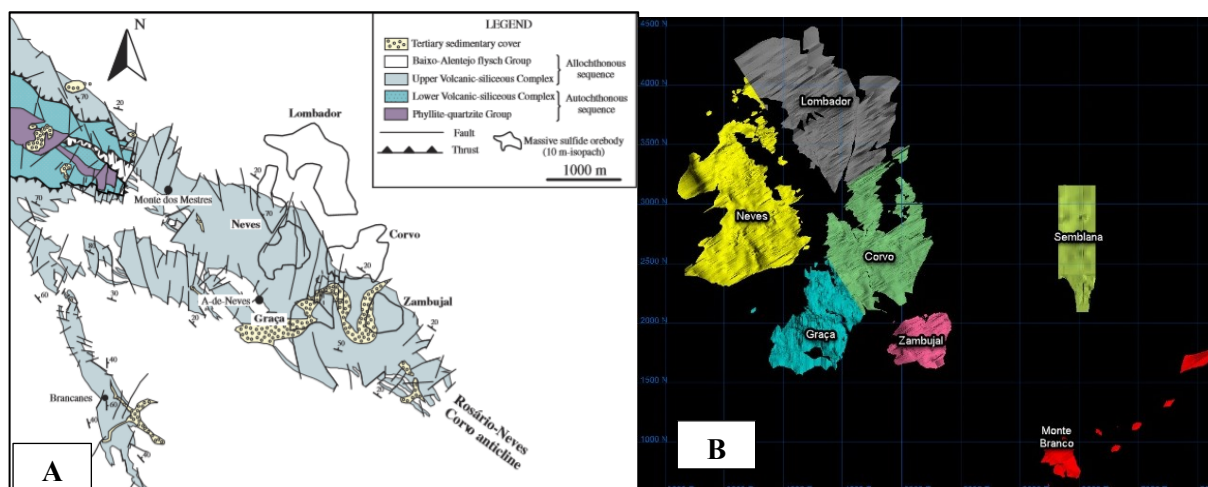


Figura II.3.A - Mapa geológico do anticlinal Rosário-Neves-Corvo, com localização das massas mineralizadas de Neves-Corvo (Retirado de Huston *et al.*, 2011); B - Planta com localização das sete massas conhecidas em Neves-Corvo (Somincor-Lundin Mining 2017).

A sequência estratigráfica de Neves-Corvo (Figura II.4) compreende rochas de idade Faméniano superior (Devónico superior) até Viseano superior (Carbónico médio), que integram sucessões tectonicamente imbricadas compreendendo as três grandes unidades da FPI - GFQ, CVS e GFBA (Oliveira *et al.*, 2004, Carvalho, 2016).

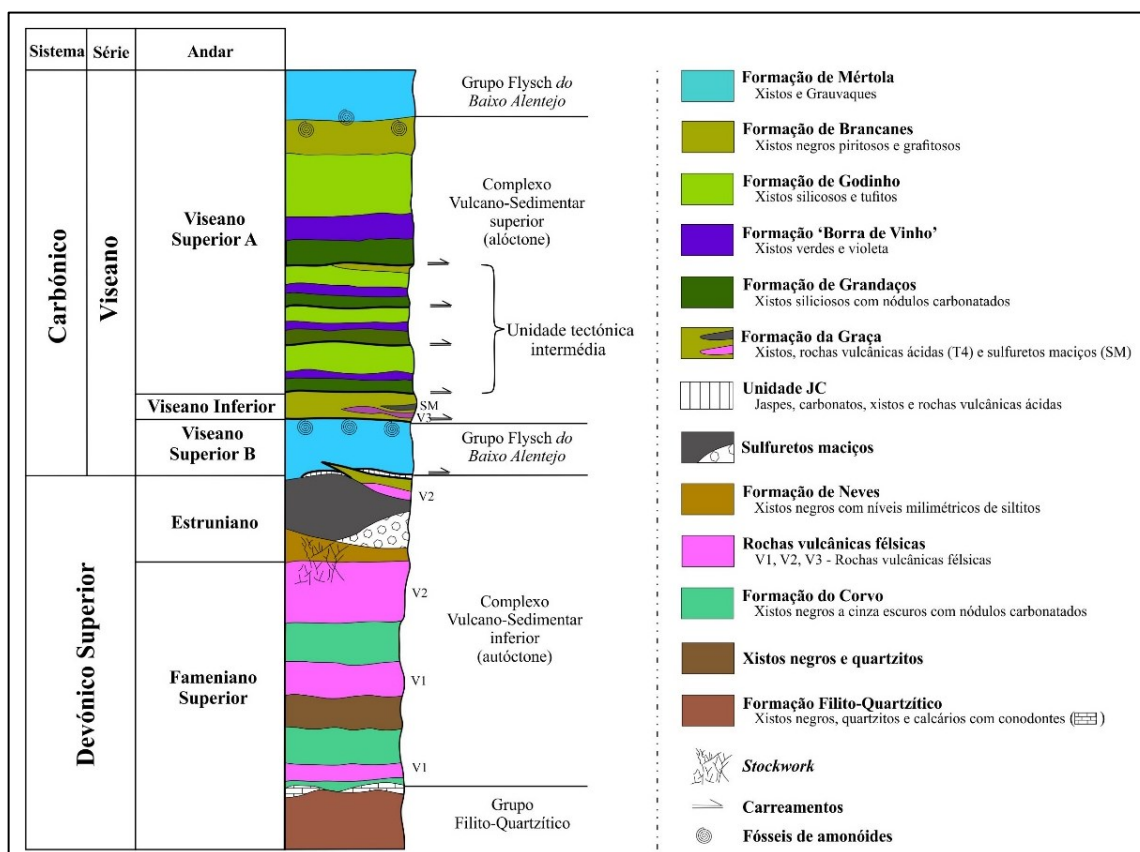


Figura II.4 - Representação esquemática da sequência tectono-estratigráfica da sequência da área de Neves-Corvo (adaptado de Oliveira *et al.*, 2004).

O dobramento NW-SE, com vergência para SW, e a geração de acidentes tangenciais responsáveis pela tectónica *thin skinned*, que caracterizam a região, levam à repetição da Formação de Mértola e das unidades pertencente ao CVS (*e.g.* Carvalho, 2016). As falhas tardi-variscas na área da mina são sub-verticais e podem ser agrupadas em: (a) falhas de desligamento esquerdo de direções N-S e N20°-40°E; (2) falhas de desligamento direito, conjugadas às anteriores; e (3) menos representadas, falhas de desligamento direito de direção N30°W a E-W responsáveis pelas disrupções na sequência litoestratigráfica e nos corpos de sulfuretos maciços (Carvalho & Ferreira, 1994; Relvas, 2000; Carvalho, 2016).

A Formação filito-quartzítica na área da mina de Neves-Corvo é datada de Fameniano superior, através de associações de miosporos recuperados em sondagens realizadas na Graça, Corvo e Lombador (Oliveira *et al.*, 2004). É constituída por xistos negros com intercalações de quartzitos e siltitos (Oliveira *et al.*, 2004), que aumentam de espessura para o topo da sequência (Oliveira *et al.*, 2013a). A base desta unidade não é conhecida, mas as interseções por sondagens indicam que excede largamente os 100 m (Oliveira *et al.*, 2004; 2013b; Pacheco, 2019, comum. oral). No topo da formação, intercalados com os xistos existem lenticulas de meta-calcários, que marcam a transição para o CVS inferior e afloram em áreas muito restritas, próximo das rochas vulcânicas de Monte do Forno da Cal (Oliveira *et al.*, 2004, 2013b). É de salientar a presença de sequências, com espessura inferior a 75 m, de xistos e quartzitos intercalados no CVS inferior, interpretadas por Oliveira *et al.* (2004) como escamas tectónicas do GFQ.

Em Neves-Corvo, Oliveira *et al.* (2004) identificou lacunas estratigráficas locais no CVS, sendo a mais significativa a de idade Tournaisiano. Esta inconformidade já foi identificada em todo o anticlinal e, por isso, justifica a subdivisão do CVS na sequência inferior e superior (Oliveira *et al.*, 2004; 2013b). A sequência inferior, que se encontra bem representada em profundidade abaixo dos corpos mineralizados da Graça e Corvo, compreende, da base para o topo (a) rochas vulcânicas máficas (maioritariamente espilitos, de Monte de Forno de Cal e diabases) que se apresentam estratigraficamente acima aos meta-calcários anteriormente mencionados; (b) rochas vulcânicas félsicas (V1), maioritariamente lavas riolíticas e tufitos que correspondem às antigas unidades T0 e T1 (definidas por Oliveira *et al.*, 1997); (c) Formação do Corvo constituída por xistos cinza escuros a negros com intercalações de nódulos carbonatados e, localmente, clastos de “tufitos”. Esta encontra-se repetida tectonicamente e corresponde à antiga unidade ‘Tufo-Brechóide’ (TB0, TB1, TB2 definida por Oliveira *et al.*, 1997); (d) xistos negros piritosos, com intercalações finas de metassiltitos, da Formação de Neves, (e) rochas vulcânicas félsicas (V2), semelhantes a V1 (que correspondem às antigas unidades T2 e T3 definidas por Oliveira *et al.* 1997); (f) corpos de sulfuretos maciços, e (g) jaspes e carbonatos (anquerite e siderite) associados a xistos sericíticos e cloríticos formando a unidade JC. Esta unidade pode-se encontrar no topo da Formação de Neves ou em contacto direto com os corpos de sulfuretos maciços e as zonas de *stockwork*. (Oliveira *et al.*, 2004, 2013).

A sequência superior é composta da base para o topo por, (h) Formação da Graça, constituída por xistos siliciosos cinzentos a negros, com nódulos sílico-fosfatados e interdigitações e/ou intercalações de rochas vulcânicas félsicas (V3; corresponde à antiga unidade T4 definida por Oliveira *et al.*, 1997). A Formação da Graça é delimitada por falhas ou em inconformidade com a Formação de Mértola; (i) Formação de Grandaços constituída por xistos negros com nódulos e/ou lenticulas de carbonatos; (j) Formação Borra de Vinho, constituída por interdigitações de xistos verdes e violetas e intercalações de nódulos e lenticulas de óxidos de manganês; (k) Formação de Godinho, constituída por xistos siliciosos cinzentos e “tufitos” que, localmente, podem-se encontrar intercalados com lenticulas de chertes; (l) e a Formação de Brancanes, constituída por xistos negros, por vezes ricos em pirite, com intercalações finas de metassiltitos e metagrauvaques finos. É de salientar que as Formações de Grandaços, Borra de Vinho, Godinho e Brancanes se encontram repetidas tectonicamente formando a unidade tectónica intermédia do CVS (Oliveira *et al.*, 2004, 2013).

A Formação de Mértola compreende intercalações de xistos e grauvaques, maciços ou revelando alternâncias de Bouma (sequência turbidítica), de idade Viseano superior (de acordo com dados palinológicos). Em Neves-Corvo, esta unidade, além de se encontrar no topo da coluna estratigráfica também foi reconhecida em contacto tectónico com a Formação da Graça. (Oliveira *et al.*, 2004).

II.2.1. Alteração hidrotermal e modelo metalogenético

Relvas (2000), Relvas *et al.* (2006a, b) e Carvalho (2016) descreveram, caracterizaram e interpretaram não só as mineralizações de sulfuretos maciços e de cassiterite mas também a alteração hidrotermal das rochas de muro e teto a estas associadas, com base no estudo detalhado da sequência das massas mineralizadas do Corvo e do Lombador, respetivamente.

Foram reconhecidas três fácies de alteração hidrotermal principais no depósito de Neves-Corvo, com base na associação predominante de filossilicatos, (a) fácies da clorite-dombassite ricas em alumínio (alteração do Tipo I, zona central); (b) que é rodeada pela fácies de alteração sericítica rica em potássio (alteração do Tipo IIa); (c) que fica enriquecida em sódio para a zona mais periférica (alteração do Tipo IIb) (Relvas *et al.*, 2006a). A estas fácies de alteração clorítica e sericítica estão frequentemente associados episódio variáveis de silicificação e carbonatização (Carvalho, 2016)

Os dados isotópicos de oxigénio e hidrogénio, obtidos para o depósito de Neves-Corvo, sugerem adição de fluidos magmáticos e/ou metamórficos ao fluido hidrotermal essencialmente constituído por água do mar modificada (Relvas, 2000; Relvas *et al.*, 2006 a, b). O modelo magmático-hidrotermal também suportado por várias assinaturas geoquímicas, elementares e isotópicas, indicando contribuições magmáticas diretas para a fonte de estanho e, em parte, para o cobre (Relvas *et al.*, 2001; 2006b; Munhá *et al.*, 2005; Jorge *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2019). Esta contribuição externa está documentada para os minérios de cassiterite e de bornite com valores isotópicos (de chumbo, neodímio e ósmio) distintos relativamente às assinaturas isotópicas homogêneas dos depósitos típicos da FPI (Relvas *et al.* 2001; Jorge *et al.*, 2007; Carvalho, 2016). O modelo prevê a instalação de um batólito granítico, enriquecido em estanho, em níveis relativamente superficiais da crosta.

Ao longo do tempo têm vindo a ser propostos e complementados modelos para a formação de depósitos de sulfuretos maciços na FPI (*e.g.*: Sáez *et al.* 1999; Tornos, 2006; Relvas, 2000; Carvalho, 2016), com base em critérios texturais, mineralogia e geoquímica, padrões de alteração hidrotermal, estilos de mineralização e geoquímica isotópica. Em resultado do regime tectónico extensional em vigor do Fameni-ano superior ao Carbónico inferior a bacia foi fortemente compartimentada, com geração de bacias de 2ª e 3ª ordem. Esta forte compartimentação, com geração de falhas profundas, sub-verticais, favoreceu a ascensão e instalação de magmas. Dados os elevados gradientes geotérmicos regionais em vigor, em resultados das condições geotectónicas, houve condições para o desenvolvimento de correntes convectivas eficientes com lixiviação dos sedimentos siliciclásticos formando salmouras profundas basinais (“IPB ore fluid”). A atividade tectónica vigente, com desenvolvimento de rede de falhas e fraturas, promoveu a ascensão das salmouras e descarga focalizada dos fluidos hidrotermais. Salienta-se que a existência de barreira física com exalitos hidrotermais ricos em sílica terá favorecido a preservação dos sulfuretos e limitando o seu contato direto com a água do mar não modificada.

Em Neves-Corvo, a instalação de um provável corpo granítico funcionou como fonte de calor adicional para sustentar regimes de circulação convectiva de fluidos profundos prolongados no tempo, promovendo longos períodos de interação fluido-rocha e lixiviação da sequência hospedeira. Com o arrefecimento da cúpula granítica é atingida temperatura supercrítica em que ocorre separação de fases com fracionamento do estanho preferencialmente para a fase de salmoura e do cobre para a fase de vapor. Numa fase precoce da mineralização ocorre ascensão rápida e súbita focalizada da fase salina (rica em estanho)

controlada tectonicamente. Esta ao interagir com água do mar desencadeia a precipitação de cassiterite no fundo do mar. Em simultâneo ou ligeiramente posterior ocorre a fase principal da mineralização sulfuretada, com sistema hidrotermal convectivo de temperatura moderada a elevada ativa por longo período de tempo que incorporou gradualmente contribuições magmáticas (da fase de vapor rica em cobre. Através de reativação de falhas ocorrem múltiplas descargas de fluido das salmouras profundas basinais. Posteriormente, a continuação da atividade hidrotermal promove a evolução geoquímica das associações minerais sulfuretadas através de processos de refinação dos metais base. Estes processos levaram à substituição dos minérios de zinco ao longo de frentes de substituição na base dos minérios ricos em esfalerite.

As evidências texturais mostram que a atividade hidrotermal prolongada no tempo foi acompanhada de processos de substituição de silicatos por sulfuretos, nas unidades superiores de muro, e de deposição na subsuperfície promovida pela migração das células convectivas para níveis mais superficiais (e.g. Relvas, 2000; Relvas *et al.*, 2006a, b; Carvalho, 2016). A inversão do regime tectónico durante o Viséano superior terá facilitado a redistribuição metalífera (inclusivamente de metais como o índio e selénio) e remobilizações a curta distância, facto que tem importância capital na distribuição atual dos metais, sobretudo do cobre e do chumbo, nas várias massas mineralizadas do jazigo.

II.2.2. Zonação metalífera, tipologias de minério e corpos mineralizados

O depósito de Neves-Corvo compreende sete corpos mineralizados – Neves, Corvo, Graça, Lombador, Zambujal, Semblana e Monte Branco, dos quais cinco se encontram em exploração (Neves, Corvo, Graça, Lombador e Zambujal) (Figura II.3). Os jazigos de sulfuretos maciços ocorrem estratigraficamente no topo do CVS inferior a teto ou interdigitados nos xistos negros da Formação de Neves, ou diretamente acima das vulcânicas félsicas (V2), com zonas de *stockwork* associadas (Oliveira *et al.*, 2004). Em alguns domínios, sobretudo na massa do Lombador, o minério contacta diretamente com rochas do GFQ (Carvalho, 2016). Entre alguns dos corpos, conectando-os, ocorrem zonas, pouco espessas, mas com grande extensão lateral, de mineralização rica em cobre (Cu), geralmente referidas como pontes (Relvas, 2000; Carvalho, 2016).

Uma das características notórias do depósito é a sua zonalidade metalífera lateral e vertical bem marcada (Relvas, 2000), pese embora os efeitos da deformação Varisca possam localmente explicar a alteração significativa da distribuição primária, de que é exemplo o minério *rubané* do Corvo (Relvas, 2000). Os teores mais elevados de cobre localizam-se geralmente nas zonas mais internas do *stockwork* e na base das lenticulas de sulfuretos maciços. O zinco e o chumbo são covariantes e concentram-se para as zonas mais periféricas do sistema mineralizante, lateralmente e verticalmente (Relvas, 2000; Carvalho, 2016). O estanho ocorre associado às zonas de elevados teores em cobre, como cassiterite ou sulfossais, e a sua deposição é controlada tectonicamente, de que é exemplo o corredor de estanho na massa do Corvo (Relvas, 2000).

Para Neves-Corvo estão descritos três tipos principais de mineralização: Fissural (F), que corresponde às zonas de *stockwork*, Maciço (M), que corresponde à mineralização de sulfuretos maciços, e Rubané (R), que corresponde a *stockworks* distais transpostos tectonicamente para as posições de teto. Com base no conteúdo em cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb) e estanho (Sn) estes tipos de mineralização são classificados em diversos tipos de minério de forma a simplificar a estimacão e a exploração seletiva destes. É de salientar que, atualmente, as reservas de minérios maciços e fissurais de cassiterite estão esgotados.

As características dos tipos de minério e a geologia geral das massas mineralizadas de Neves-Corvo têm sido descritas por Carvalho e Ferreira (1994), Pinto *et al.* (1995), Pinto (1999; 2008), Relvas (2000),

Carvalho (2016), e complementadas/atualizadas por observações de sondagens e de frentes de exploração. A massa do Corvo localiza-se no flanco NE do anticlinal, a profundidades entre os 230 e os 800m. Apresenta inclinações entre 25° e 30° para NE, comprimento máximo de 1100m e largura de 600m, com espessura máxima observada de 95m. A morfologia e a zonalidade metálica do depósito são controladas por sobreposição de vários eventos tectónicos. Este consiste numa unidade basal essencialmente cuprífera (minério maciço e brechóide) que é sobreposta por pirite maciça que contém lentes descontínuas de mineralização cuprífera. A teto do corpo principal de sulfuretos maciços ocorre o minério rubané e a muro o minério fissural, essencialmente cupríferos. O estanho ocorre associado aos minérios cupríferos sob a forma de cassiterite disseminada ou como minério de estanho de elevado teor (sob a forma de cassiterite maciça), no alinhamento N-S controlado tectonicamente (corredor do estanho). A mineralização zincífera desenvolve-se lateralmente para sudeste dos minérios de cobre e estanho. A massa é intersetada por dois sistemas principais de falhas tardias, umas N-S a N20°E e N40°E a N60°E, de desligamento esquerdo e outras, menos representadas com orientação aproximada de N30°W, com rejeitos significativos horizontais direitos e rejeitos verticais até 40m (Carvalho e Ferreira, 1994).

A massa da Graça, que se encontra conectada através de uma lenticula pouco espessa de sulfuretos maciços (ponte) à massa do Corvo, localiza-se no flanco SW do anticlinal, a profundidades entre os 230 e os 450 m. Apresenta inclinações que podem atingir os 70°, comprimento 500 m, segundo a inclinação e espessura máxima de 80 m. Tal como a massa de Corvo, esta apresenta enriquecimento basal em cobre que é sobreposto por pirite maciça que contém lentes descontínuas de mineralização cuprífera. A cassiterite ocorre de forma disseminada nos sulfuretos maciços cupríferos, parecendo tratar-se da continuidade da mineralização estanífera do Corvo. A mineralização zincífera desenvolve-se lateralmente para SW. É de salientar que nesta massa não há quantidade significativa de minério do tipo rubané. Toda a massa é intersetada por falhas tardias N-S, verticais, com caixas de falha brechificadas e falhas com menos expressão E-W, com caixas de falha preenchidas por carbonatos, sílica e calcopirite.

A massa de Neves localiza-se na charneira do anticlinal e divide-se em Neves Norte e Neves Sul, por ser composta por duas massas interligadas e contínuas. No seu conjunto, as massas apresentam inclinação entre 5° e 15°, 1200 m de comprimento, largura de 700 m e espessura máxima de 55 m. Neves Sul é composto por várias lenticulas empilhadas de minérios de zinco (e quantidades significativas de chumbo e prata), de cobre e zinco, e níveis de pirite estéril. Estas lenticulas empilhadas sobrepõe-se ao minério de cobre que, localmente, é cupro-estanífero. Em contraste, Neves Norte é essencialmente composto por minérios de cobre que se posicionam acima do minério fissural, encaixado em vulcânicas ácidas e nos xistos negros da Formação de Neves.

A massa do Lombador, geralmente subdividida em Lombador Norte, Sul e Este, corresponde à maior massa em exploração. Localiza-se no flanco NE do anticlinal, entre as profundidades de 600 m e 1000 m. Apresenta comprimento de 1100 m, inclinação entre 20°-40° para NE e espessuras que podem atingir 150 m. Esta massa encontra-se ligada ao Corvo e Neves por pontes de minério e compreende minério maciço de zinco, zinco e chumbo, cobre, cobre e zinco, chumbo e maciço estéril, minério fissural (em vulcânicas ácidas e no GFQ) de zinco, cobre e estéril e minério rubané rico em zinco e, localmente, cobre. O minério mais abundante é o de zinco e ocorre essencialmente nas zonas norte e sul, enquanto os restantes tipos de minério se encontram mais concentrados nas zonas central e sul. O depósito é intersetado por dois sistemas de falhas principais, um N-S, sub-verticais, e outro N30°W e N30°E, sub-verticais, com cinemática normal e conjugadas (cinemática esquerda e direita).

A massa de Monte Branco, descoberta em 2011, situa-se a profundidades entre 540 m e 700 m e compreende seis lenticulas descontínuas, afetadas por tectónica cisalhante, essencialmente cupríferas (minério maciço e fissural). De todas as lenticulas conhecidas, a maior apresenta cerca de 50m de espessura de minério.

A massa da Semblana situa-se a cerca de 790 m de profundidade, com espessura máxima de 35 m apresenta forma achatada com inclinações entre 15° e 20° para N. A maioria das sondagens intersectaram minério fissural de cobre bem como pequenas lenticulas de minério maciço de cobre. O estanho está presente tanto no minério maciço como no fissural, mas apenas na zona mais a N da massa, enquanto a mineralização zincífera foi identificada na zona S.

II.2.3. Massa do Zambujal

O depósito do Zambujal (Figura II.5) localiza-se na extremidade SE do anticlinal e da área concessionada à empresa concessionada de Neves-Corvo (Somincor-Lundin Mining). Apresenta menores dimensões relativamente aos restantes depósitos em exploração, com 600 m e 490 m de largura e comprimento, respetivamente, localizado a profundidades de cerca de 330 a 550m. A massa apresenta-se dobrada com um flanco NE longo, com inclinação de 30°, onde se encontra a maior espessura de minério afetada por diversos cavalgamentos, e um flanco SW curto, com inclinação de 15°. A maior espessura de sulfuretos encontra-se no flanco NE, devido ao significativo efeito de empilhamento tectónico devido a cavalgamentos.

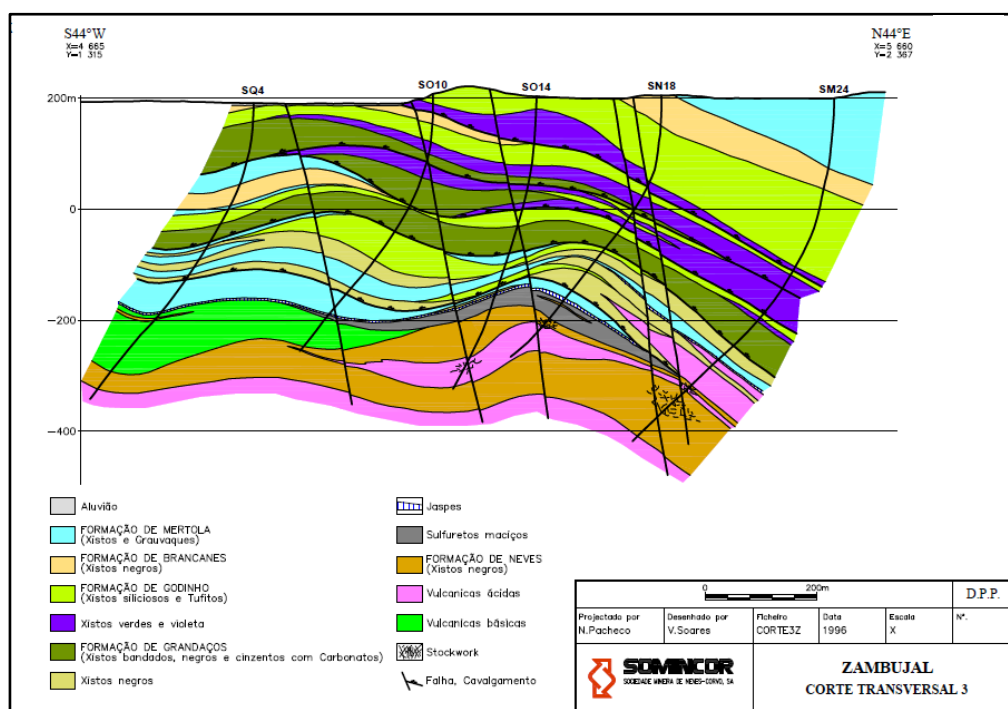


Figura II.5 - Corte transversal da massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 1996).

Neste depósito, através de dados de sondagens e de geologia de fundo, são conhecidos dois tipos de mineralizações principais, o maciço e o fissural (em vulcânicas ácidas), que se subdividem em vários subtipos de acordo com os teores de Pb, Zn e Cu (MCZ, MZP, MC, ME, MP, MZ, FC, FE e FZ; Tabela II.1). Toda a rocha encaixante com teores abaixo dos teores de corte, é designada por escombros (ESC). Na Tabela II.2 encontram-se os recursos totais (medidos, indicados e inferidos; discriminados no Anexo1) do Zambujal, por tipo de minério com os respetivos teores médios dos elementos (Somincor-Lundin Mining 2018).

II. Enquadramento Geológico

Tabela II.1 - Teores de corte médios para exploração e para desenho (modelo de blocos para cálculo de reservas), dos vários tipos de minério/estéril para a massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018). * Não apresenta teores uma vez que os tipos de minério correspondentes não se encontram em exploração; **Sulfuretos maciços e stockworks estéreis.

Tipo de Minério/estéril			
Código	Teores médios de corte de exploração	Teores de corte para desenho	Descrição
MCZ	$\text{Cu} \geq 2$ e $\text{Zn} \geq 3$	$\text{Cu} \geq 0.7$ e $\text{Zn} \geq 3$	Maciço de cobre e zinco
MZP	$\text{Zn} \geq 5$	$\text{Zn} \geq 2$ e $\text{Pb} \geq 1$	Maciço de zinco e chumbo
MC	$\text{Cu} \geq 1,2$	$\text{Cu} \geq 0.7$	Maciço de cobre
MP	*	$\text{Pb} \geq 1$	Maciço de chumbo
MZ	$\text{Zn} \geq 5$	$\text{Zn} \geq 2$	Maciço de zinco
ME	*	**	Maciço estéril
FC	$\text{Cu} \geq 1,2$	$\text{Cu} \geq 0.7$	Fissural de cobre
FE	*	**	Fissural estéril
FZ	*	$\text{Zn} \geq 2$	Fissural de zinco

Tabela II.2 - Média dos teores, volume, densidade e tonelagem dos recursos totais do Zambujal, por tipo de minério (Somincor-Lundin Mining 2018).

	MC	MCZ	MZ	MZP	MP	ME	FC	FZ	FE
Fe %	40,59	34,29	40,75	38,70	41,94	42,18	23,02	24,09	19,50
S %	43,69	40,44	45,98	45,03	46,68	46,76	11,37	18,16	7,14
Cu %	2,95	8,12	0,30	0,28	0,37	0,33	2,05	0,19	0,24
Zn %	0,73	6,68	4,37	6,31	0,68	0,39	0,37	3,45	0,29
Pb %	0,44	0,65	0,44	2,15	1,92	0,22	0,10	0,77	0,10
Sn ppm	401	338	601	723	699	514	301	300	300
Au ppm	0,52	0,17	0,38	0,35	0,26	0,30	0,63	0,29	1,09
Ag ppm	44	75	38	58	60	28	18	27	9
Bi ppm	108	200	33	35	60	38	82	29	34
As ppm	5162	10213	5596	5521	5507	4351	2741	7192	2405
Sb ppm	454	2493	328	437	423	246	115	189	94
Hg ppm	44	270	157	198	68	57	10	87	22
Volume m3	364475	85585	1171505	343639	88441	2803461	1520254	39486	3596051
Densidade g/cm3	4,58	4,48	4,69	4,65	4,72	4,66	3,30	3,59	3,10
Tonelagem Mt	1,67	0,38	5,49	1,60	0,42	13,06	5,01	0,14	11,14

III. Metodologias





III.1. *Re-logging* de sondagens e amostragem

Com o objetivo de amostrar diferentes tipologias de minério da massa do Zambujal foram selecionadas sondagens com recurso ao *software* Vulcan® 3D, disponível na Somincor-Lundin Mining. Esta seleção teve em consideração a distribuição espacial das sondagens, a existência de testemunho de sondagem bem como a sua preservação, tipologias de minério intersetadas e teores de metais. Assim, selecionaram-se 23 sondagens de avaliação, distribuídas ao longo de 9 perfis N57°E-S33°W, que abrangem toda a massa.

Os trabalhos de *re-logging* e subsequente amostragem decorreram nas litotecas da Somincor-Lundin Mining (durante a realização do estágio na Somincor-Lundin Mining). Os critérios composicionais de categorização das várias tipologias de minério utilizados no *re-logging* das sondagens resultaram da comparação das análises metro-a-metro disponíveis na base de dados da Somincor-Lundin Mining, com os intervalos definidos para o efeito pelo departamento de geologia da empresa. No que respeita à amostragem representativa de testemunhos de sondagem (Tabela III.1), esta foi baseada na localização espacial, tipologia de minério, estado de preservação do testemunho, macro-texturas e teores de metais (com base nas análises químicas sistemáticas de rocha total disponíveis na base de dados da empresa). Foi ainda privilegiada a amostragem direcionada para as tipologias de minério MC e MCZ, dada a sua grande heterogeneidade de teores de metais bem como a gama de teores elevados relativamente às restantes massas do depósito de Neves-Corvo. O *re-logging* das 23 sondagens, a listagem das amostras colhidas bem com a sua localização espacial, em planta e corte, encontram nos anexos 2, 3, 4 e 6, respetivamente.

As amostras de sondagens foram descritas e fotografadas aquando a seleção das mesmas devido à impossibilidade da recolha de ½ tarolo para tratamento posterior. Após descritas e fotografadas, estas foram cortadas nas instalações de prospeção da Somincor-Lundin Mining, no Lombador.

Tabela III.1. Amostras colhidas por tipo de minério e percentagem relativa de cada tipologia de minério maciço na massa do Zambujal.

Legenda		Minérios	Amostragem (n=55)
Cor	Tipo Minério	% relativa	Nº de amostras
	ME	24,5%	3
	MP	0,8%	3
	MZ	10,8%	5
	MZP	3,0%	6
	MCZ	1,9%	25
	MC	4,4%	13

Salienta-se que de forma a caracterizar os intervalos de rocha carbonatada e de rocha metassedimentar com contribuição vulcânica no interior do minério, foram também colhidas 3 amostras destes materiais para realização de lâminas delgadas polidas.

A amostragem foi ainda complementada com a recolha de algumas amostras de fundo de mina de frentes de produção, cuja referência da frente onde foram colhidas e localização se encontram nos anexos 7 e 8, em MC (1 amostra) e MCZ (4 amostras), para a descrição macroscópica e registo fotográfico.

III.2. Processamento Laboratorial

Após a colheita das amostras procedeu-se à preparação de taliscas para a produção de superfícies polidas e lâminas delgadas polidas, para estudo petrográfico posterior, subsequentemente complementado com análises químicas pontuais com microsonda eletrónica. Estes procedimentos foram realizados no Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (GeoFCUL), à exceção do corte das amostras de sondagem (para a produção de taliscas) que, como referido anteriormente, foi realizado nas instalações de prospeção da Somincor-Lundin Mining, no Lombador.

A preparação das superfícies polidas e das lâminas delgadas polidas nos laboratórios do GeoFCUL seguiu os procedimentos clássicos.

III.3. Petrografia

Após a produção das lâminas e superfícies polidas, realizou-se o seu estudo petrográfico em luz transmitida e refletida, respetivamente. Foi efetuada uma detalhada inspeção textural e mineralógica das várias tipologias de minério, sob luz refletida, com ênfase na caracterização das várias fases de mineralização, bem como nos efeitos tectónicos a estas sobrepostos. Adicionalmente, sob luz transmitida, estudaram-se as lâminas delgadas que representam passagens de rocha carbonatada e relíquias de rochas vulcânicas no seio do minério.

Procedeu-se, finalmente, ao registo fotomicrográfico das texturas e mineralogia de cada exemplar, bem como à seleção das amostras para estudos complementares de química mineral.

III.4. Química Mineral

Do total de 58 amostras colhidas em sondagem, selecionaram-se 10 superfícies polidas representativas das tipologias de minério e das diferentes fases de mineralização para estudos de química mineral e 2 lâminas polidas. Este estudo foi realizado no Laboratório de Microsonda Eletrónica do Departamento de Geologia da FCUL, fazendo uso do equipamento JEOL JXA 8200 que compreende um espectrómetro de dispersão de energia (EDS), 4 espectrómetros de dispersão de comprimento de onda WDS, um detetor de eletrões secundários, um detetor de eletrões retrodifundidos e seis cristais analisadores (2LIF, LIFH, 2PET, PETH, TAP, LDE2). Os padrões utilizados nas análises pontuais encontram-se no anexo 9 e os limites de deteção calculados para as várias fases analisadas encontram-se listados nas Tabela XI.31 e Tabela XI.32, do anexo 10.

As superfícies/lâminas polidas foram revestidas com uma fina camada de grafite (20nm) e as análises pontuais foram realizadas com tempo de contagem de 20s, diâmetro do feixe de 5µm, corrente de emissão de 2.5×10^{-8} e potencial de aceleração 15 kV.

O estudo micro-analítico das superfícies polidas procurou confirmar algumas identificações realizadas com microscópio de luz refletida, identificar fases minerais cuja diminuta granularidade ou modo de ocorrência impedia a sua identificação ao microscópio e caracterizar a variabilidade composicional das fases minerais, ao nível dos elementos menores e traço, encontradas nas várias fases e/ou nas suas diferentes gerações ou arranjos texturais.

Nas lâminas delgadas polidas o estudo incidiu na caracterização da rocha carbonatada e da rocha vulcânica bem como classificação/caracterização das fases minerais sulfuretadas (correspondentes a remobilizações) e silicatadas neoformadas presentes em veios tardios que interseitam as duas litologias referidas anteriormente.

Foram ainda selecionadas 6 superfícies para a realização de análise semi-quantitativa utilizando o EDS para esclarecer dúvidas acerca da composição das fases minerais detetadas ao microscópio em luz refletida e identificar fases minerais não resolúveis neste.

III.5. Análises, tipos de minério, mapas de distribuição e cortes dos minérios

Todos os dados, mapas, imagens e informação necessária relativamente à distribuição dos vários tipos de mineralização (em secção, planta e em 3D), análises de rocha total, matrizes de correlação e dados de teores e tonelagens foram fornecidos pelo (e/ou obtidos no) departamento de geologia mineira da Somincor-Lundin Mining. Toda a informação é suportada pela base de dados químicos da Somincor-Lundin Mining de 2018 e 2019 e tendo sido utilizados os *softwares* Vulcan® 3D (para toda a informação intrínseca à massa do Zambujal) e SUPERVISOR® (para a construção de matrizes de correlação). Esta circunstância é, simultaneamente, potenciadora de uma análise de largo espetro, dada a enorme dimensão da base de dados (mais de 410 000 entradas) e fonte de constrangimentos no que se refere à utilização de ferramentas de estatística avançadas, visto que os instrumentos e variáveis disponíveis são apenas as que se encontram pré-defenidos para efeito de utilização em rede da operação mineira (modelo de blocos, cálculo de reservas, etc).

Apesar da enorme dimensão da base de dados química disponível ($n > 410\,000$), foi apenas a partir do final de 2005 que um largo conjunto de elementos foi sistematicamente analisado (Cu, Pb, Zn, S, Fe, e Sn em % e Ag, Hg, As, Sb, Bi, Au, Se e In, em ppm). Assim, muitas análises de elementos possivelmente valorizantes (como o In e Se) e/ou penalizantes (como o Hg e As) estão ausentes num considerável número de amostras.

Nos laboratórios da Somincor-Lundin Mining a maioria dos elementos são analisados através de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX), em amostras que correspondem a 1m de testemunho de sondagem, recorrendo a rotinas analíticas muito bem calibradas e, portanto, de grande rigor e precisão. Resumidamente, nos laboratórios químicos da Somincor-Lundin Mining, adotaram-se os seguintes métodos analíticos e procedimentos:

- (a) Os elementos Cu, Pb, Zn, S, Fe, Sn, As, Sb, Bi, Se e In são analisados por FRX;
- (b) A Ag e o Hg são analisados por *Inductive Coupled Plasma* (ICP);
- (c) O Au é analisado caso uma das seguintes condições seja satisfeita: $As \geq 3500$ ppm, $Bi \geq 400$ ppm;
- (d) Concentrações em cobre, obtidos por FRX, entre 0.7 e 10 % são realizados por ICP e concentrações superiores a 10% são realizados por Eletrogravimetria com Acabamento em Absorção Atômica (AA);
- (e) Concentrações em zinco, obtidos por FRX, entre 2 e 20 % são realizados por ICP e concentrações superiores a 20% são realizados por Volumetria.

IV. Localização e descrição das sondagens estudadas

Nesta secção é apresentada de forma sumária a descrição litológica das sondagens estudadas, complementada com as amostras de fundo, bem como os principais aspetos mineralógicos e texturais registados por observação macroscópica destas.

Com base no estudo de 23 sondagens de fundo de mina, cujas descrições e localização espacial se encontram nos anexos 2 e 3, respetivamente, foi possível reconstruir parcialmente a sequência litoestratigráfica do Zambujal (sequência imediatamente a teto e a muro da mineralização). Com o propósito de permitir uma melhor perceção espacial das características evidenciadas nos detalhes dos respetivos *logs*, estas foram subdivididas em ordem à sua localização nos setores NE e SW da massa, representados esquematicamente nas Figura IV.1 e na Figura IV.2. A sequência litológica reconhecida é fortemente condicionada por uma tectónica *thin-skinned* que, frequentemente, inverte a sequência de teto e muro e coloca em contacto geométrico zonas mineralizadas que se encontravam lateralmente distantes. Por outro lado, esta circunstância propicia contrastes reológicos que controlaram diferentes tipos de alteração e mineralização, e agora se apresentam em aparente contacto.

A sequência de teto (Figura IV.3 A a E) compreende a unidade JC, xistos negros, rochas metavulcânicas, a Formação de Grandaços (pertencentes ao CVS) e a Formação de Mértola (GFBA). A Formação de Mértola é constituída por intercalações de xistos e metagrauwaques, muitas vezes, deformados e com abundante quartzo de exsudação. Esta formação encontra-se geralmente em concordância com a unidade JC e em contacto tectónico com as restantes unidades do CVS.

Na zona SW da massa, as sondagens FZ402 e FZ623 intersetaram níveis métricos (~24,4 m e 13,8 m, respetivamente) de xistos negros, com ocasionais níveis piríticos, alteração clorítica pouco intensa e abundante quartzo de exsudação. Estes pertencem ao CVS, mas não foi possível atribuí-los a nenhuma formação específica. A Formação de Grandaços é constituída por xistos de cor cinza a esverdeada (quando apresentam alteração sericítica), contendo ocasionais nódulos carbonatados.

As rochas metavulcânicas presentes correspondem a rochas metavulcanoclásticas félsicas. É de notar que o termo vulcanoclástico é descritivo não estando implícito processos de formação dos clastos e de transporte e deposição (McPhie *et al.*, 1993). Estas rochas apresentam grão fino a médio (V3) a grosseiro (V7 de teto do Zambujal), foliação bem marcada e são constituídas por matriz de sericite e quartzo e mineroclastos de quartzo. Por vezes, apresentam pirite disseminada ao longo da foliação. Salienta-se que quando estas apresentam granularidade fina, o carácter vulcanoclástico torna-se discutível podendo este corresponder a uma textura aparentemente vulcanoclástica que, na realidade, ocorre em lavas e intrusões bastante alteradas, sendo a alteração irregular, em domínios, ou controlada por fraturas (McPhie *et al.*, 1993).

A unidade JC compreende uma lenticula descontínua, de espessura fina a média (espessura máxima medida em sondagem de 11,80 m) constituída por jaspes, chertes, carbonatos, xistos cinzentos a negros, xistos sericíticos e xistos ferruginosos. Ocorrem ainda níveis centimétricos a decimétricos de pirite maciça.

Setor Nordeste

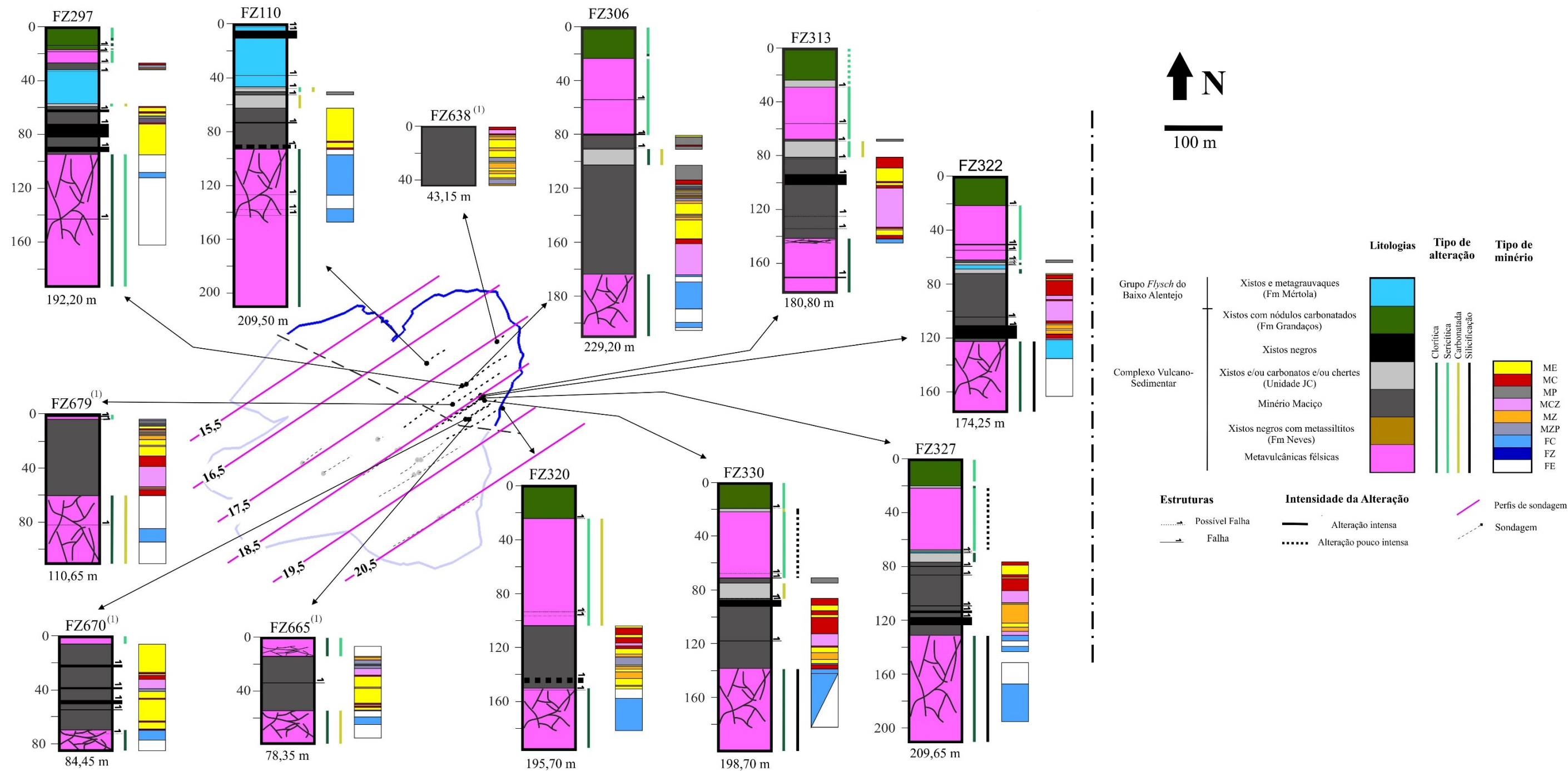


Figura IV.1. Representação esquemática da sucessão litoestratigráfica, alteração hidrotermal, tipos de minério maciço e stockwork nas sondagens estudadas do setor nordeste. (1) Note-se que as sondagens FZ679, FZ670 e FZ665 foram realizadas de muro para teto da mineralização.

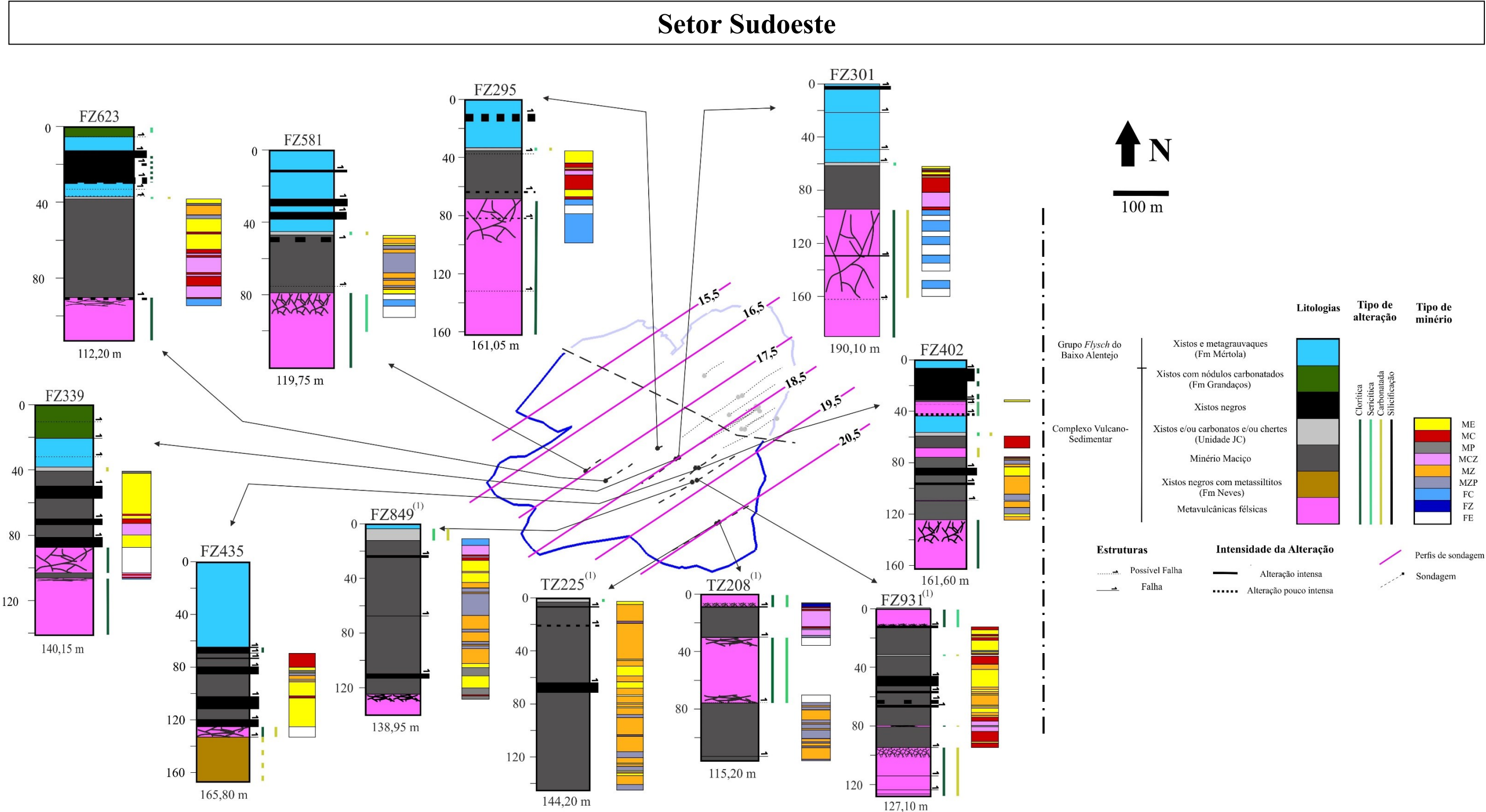


Figura IV.2. Representação esquemática da sucessão litoestratigráfica, alteração hidrotermal, tipos de minério maciço e stockwork nas sondagens estudadas do setor sudoeste. (1) Note-se que as sondagens FZ849, FZ931, TZ208 e TZ225 foram realizadas de muro para teto da mineralização.

A sequência de muro que hospeda a mineralização maciça do Zambujal é relativamente semelhante ao longo de toda a massa e compreende rochas vulcânicas félsicas, sedimentares e xistos negros pertencentes à Formação de Neves (sondagem FZ435; Figura IV.4). As rochas vulcânicas correspondem a rochas riolíticas coerentes (V7) que registam alteração moderada a intensa, sericitica e cloritica, acompanhada localmente por carbonatação (*e.g.*: sondagens FZ931 e FZ301) e silicificação (sondagens FZ322, FZ327 e FZ330). Estas são intersectadas por fraturas preenchidas por quartzo e/ou carbonatos e clorite.

As rochas sedimentares presentes correspondem a metapelitos negros com contribuição vulcânica (incluído no pacote de rochas vulcânicas na mina e designado por V1), com ocasionais veios de quartzo, carbonatos e sulfuretos.

Os xistos negros, pertencentes à Formação de Neves (Figura IV.3 F), apenas foram reconhecidos na sondagem FZ431 e encontram-se em contacto tectónico com as rochas vulcânicas coerentes. Estes xistos negros apresentam intercalações finas de metassiltitos e encontram-se pouco alterados e mineralizados (pirite disseminada).

O *stockwork* encontra-se hospedado nos riólitos coerentes e metapelitos com contribuição vulcânica (Figura IV.4 A e B) e é constituído por uma rede de veios anastomosados milimétricos a decimétricos preenchidos por quantidades variáveis de pirite e calcopirite. Nestas zonas observa-se intensa alteração hidrotermal e texturas de substituição, que aumentam em direção à base do corpo mineralizado.

Ao longo de toda a sequência que hospeda a massa mineralizada do Zambujal identificaram-se cavalgamentos responsáveis por colocar em contacto vertical geométrico unidades e/ou formações estratigraficamente afastadas, invertendo as relações entre teto e muro e, vice-versa. As falhas cisalhantes possuem igualmente importante expressão nesta massa. A acomodação da deformação é função dos comportamentos reológicos das unidades afetadas sendo, assim, possível observar particionamento desta. A deformação é mais intensa no material sedimentar, de que são exemplo os xistos da Formação de Mértola, nos contactos de muro e teto da lente de sulfuretos maciços, bem como no interior desta em particular nas zonas que correspondem ao minério de zinco e chumbo (ME, MZ e MZP). Como seria de esperar, há evidências de processos de remobilização, redistribuição e refinamento metalífero nos minérios de cobre e zinco, relacionados com processos tectono-metamórficos, que são particularmente óbvios quando se fazem acompanhar por abundantes fraturas preenchidas maioritariamente por calcopirite e galena remobilizadas, frequentemente acompanhadas por carbonatos e/ou quartzo e/ou clorite/sericite grosseiras e bem cristalizadas.

Regra geral, os minérios maciços do Zambujal (em sondagens e em amostras de fundo de mina; Figura IV.4 C a H) encontram-se retrabalhados tectonicamente com recristalização e brechificação dos mesmos, pelo que as características primárias se encontram frequentemente quase totalmente obliteradas, sendo a sua observação macroscópica difícil. Os minérios são constituídos maioritariamente por pirite e por quantidades acessórias de calcopirite, esfalerite, galena, arsenopirite e tetraedrite-tenantite, que podem ocorrer de forma disseminada, em vénulas, fraturas (sob a forma de remobilizações) ou a substituir minerais pré-existent, como a pirite. Em termos texturais é possível observar texturas de brechificação tectónica (*e.g.*: brechas com fração clástica de pirite e fração cimento de calcopirite(-tetraedrite-tenantite)) e bandadas, quer por disposição preferencial de vénulas sub-paralelas de galena \pm esfalerite e pirite (comum no MZ e MZP; Figura IV.4E) quer por segregação mineralógica promovida por esforços tectónicos resultando na alternância de bandas de pirite-calcopirite-esfalerite-tetraedrite-tenantite (comum no MCZ; Figura IV.4 H1). Estas bandas, localmente, registam acomodação da deformação estando elas onduladas, dobradas e/ou com brechificação interna.

As diferentes características macroscópicas que apontam para o retrabalhamento tectónico sugerem que estes processos são o resultado não de um evento singular (em certo período de tempo) mas sim de um contínuo de eventos no tempo que atuaram sobre diferentes materiais, com diferentes comportamentos reológicos que, por isso, acomodam a deformação de forma diferenciada. Estes *fabrics* tectónicos incluem brechas em pirite, escoamento plástico em calcopirite (Figura IV.4 H1), texturas bandadas (Figura IV.4 H2), sigmas (Figura IV.4 F), relíquias de clastos rodados e fraturas tardias preenchidas por carbonatos e remobilizações de galena e calcopirite.

Foi ainda possível observar nas sondagens FZ402 e FZ849 relíquias de passagens de rocha vulcânica (com alteração carbonatada) incompletamente substituída por sulfuretos, que aponta para processos de substituição subsuperfície de material silicatado – sulfuretado, envolvendo diferentes estádios de carbonatação que começam por episódios precoces (exalitos hidrotermais) e se prolongam no tempo em fases tardi-metalogenéticas de baixa temperatura e, mais tarde ainda, acompanhando os processos pós-metalogenéticos associados a remobilizações tectono-metamórficas.

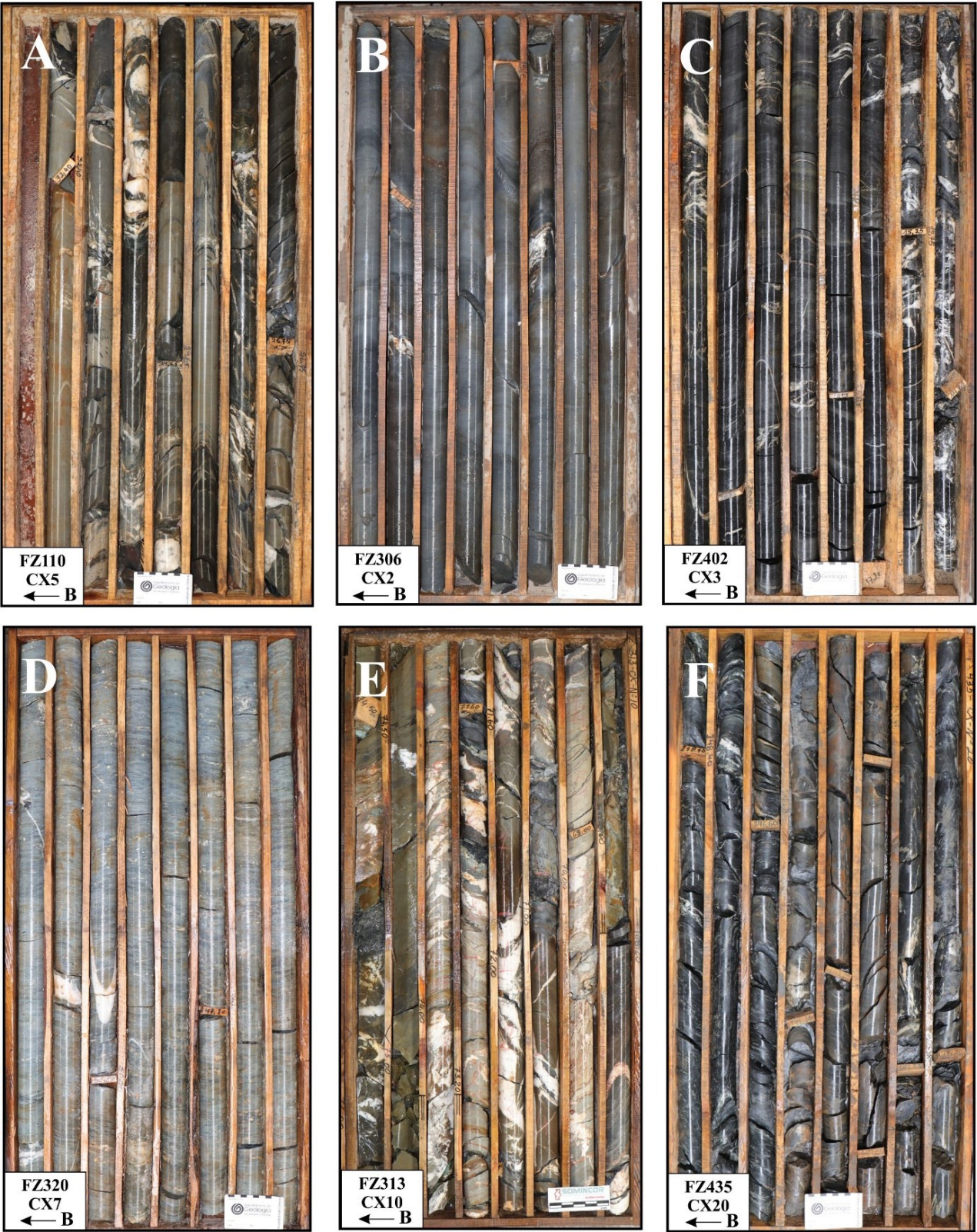


Figura IV.3 - Amostras de sondagens representativas das várias litologias da sequência encaixante da mineralização. A - Intercalação centimétrica a decimétrica entre xistos e grauwagues da Formação de Mértola; B - Xistos, com alteração sericitica, da Formação de Grandãos; C - Xistos negros do CVS; D - Rochas metavulcanoclásticas de teto do Zambujal; E - xistos negros, xistos sericiticos, carbonatos, chertes e nível de pirite maciça pertencentes à unidade JC; F - Xistos negros, com níveis de metassiltitos, da Formação de Neves.

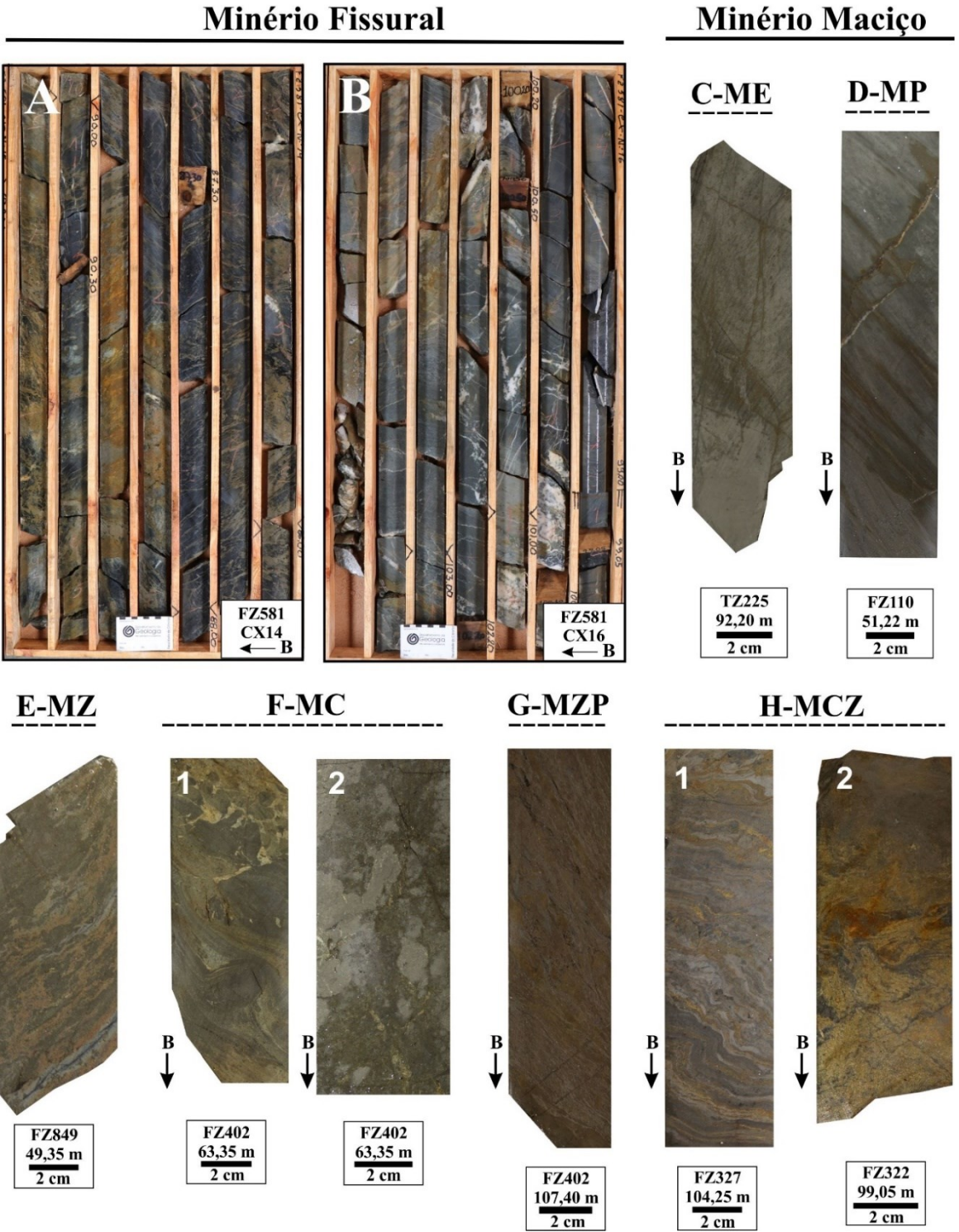


Figura IV.4 - Amostras de sondagens representativas dos vários tipos de mineralização intersetada. A - stockwork, em metapelitos com contribuição vulcânica (V1), com veios milimétricos a centimétricos de pirite e calcopirite; B - stockwork, em rochas vulcânicas riolíticas coerentes (V7), com veios milimétricos a centimétricos de pirite e quantidades acessórias de calcopirite. As rochas vulcânicas são intersetadas por vénulas de quartzo. C - Maciço estéril constituídos essencialmente por pirite; D - minério maciço de chumbo constituído por pirite intercalada com níveis muito finos de ganga (carbonatos). É intersetado por fraturas preenchidas por carbonatos, galena e tetraedrite-tenantite. E - Minério maciço de zinco constituído pela alternância de níveis de pirite e vénulas de esfalerite; F - minério maciço de cobre (1) e (2) constituído por pirite e fraturas com remobilizações de calcopirite.; G - minério maciço de zinco e chumbo constituído pela alternância de níveis de pirite e vénulas de esfalerite e galena; H - minério maciço de cobre e zinco (1) bandado constituído pela alternância entre bandas de pirite, pirite-calcopirite, esfalerite-tetraedrite-tenantite (2) brechificado com fração clástica constituída por calcopirite e pirite e fracção cimento de esfalerite e tetraedrite-tenantite.

V. Caracterização petrográfica

Cerca de seis dezenas de superfícies polidas, representando todas as tipologias de minérios maciços da massa do Zambujal amostrados no decurso deste estudo, foram cuidadosamente inspecionadas com microscópio de luz refletida (luz branca), recorrendo quer a um iluminador comum, quer, quando necessário, a uma lâmpada de xénon. A listagem das amostras estudadas (com as respetivas sondagens, metragens, referências e tipologias de minério), bem como a sua implementação nas sondagens em plantas, em 3D e nos perfis se encontram nos anexos 3, 4 e 6, respetivamente.

Numa primeira abordagem, a caracterização microscópica das amostras foi feita em ordem às várias tipologias de minério, confrontando sempre as observações microscópicas efetuadas, com as realizadas à escala macroscópica nas respetivas amostras de mão. Como referido anteriormente, a descrição macroscópica das amostras, feita durante o *re-logging* das sondagens, foi muitas vezes prejudicada pela forte alteração/oxidação superficial das mesmas. A sistematização e integração de todas as observações macro e microscópicas efetuadas por tipologia de minério, a leitura das suas relações texturais e a sua interpretação no contexto do posicionamento espacial de cada amostra, permitiram definir um quadro paragenético para as associações minerais presentes nos vários tipos de minérios maciços do Zambujal que inclui 4 fases principais de formação (Tabela V.1).

Tabela V.1 -Quadro paragenético geral da sequência de deposição reconhecida na massa do Zambujal.

	Estádio Hidrotermal				Tectono- metamórfico
	Mineralização Zn-Pb		Mineralização Cu		Fase 4
	Fase 1	Fase 2	Fase 3 precoce	Fase 3 tardia	
Py	—	—	—	—	—
Ccp	—	—	—	—	—
Sp	—	—	—	—	—
Gn	—	—	—	—	—
Gn-Cth	—	—	—	—	—
Cslt	—	—	—	—	—
Apy	—	—	—	—	—
Ttr-Tnt	—	—	—	—	—
Bnn	—	—	—	—	—
Stn-Kst	—	—	—	—	—

V.1. Minérios maciços

Em termos mineralógicos, a pirite representa a fase mineral mais abundante nos minérios do Zambujal, sendo esta acompanhada por quantidades variáveis de calcopirite, esfalerite, galena, galena-claustalite, cosalite (?), tetraedrite-tenantite, estanita e arsenopirite (Tabela V.2). A associação mineral da ganga é maioritariamente composta por carbonatos e filossilicatos. Como referido acima, as relações texturais (*e.g.*: substituição, interseção, relíquias) permitiram distinguir quatro fases principais de formação dos vários tipos de minérios do Zambujal. Salienta-se que estas fases são contíguas no tempo e apenas se recorre a esta divisão para melhor compreensão e ilustração das várias etapas/processos que concorreram

para a formação e refinamento dos vários minérios. Adiante, por comodidade descritiva, a numeração atribuída às várias gerações de cada fase mineral tem correlação direta com a sua fase de formação.

Pese embora algumas características e relações entre as várias fases minerais estejam parcialmente obliteradas por processos hidrotermais mais tardios (de refinamento) e/ou tectono-metamórficos (recristalização, brechificação, dobramento com ou sem remobilização) ainda é possível em muitos casos observar associações minerais e texturas primárias em domínios relíquia preservados. Geralmente são encontrados em minérios de baixa temperatura (ME, MZ, MZP e MP) e incluem texturas parcialmente recristalizadas de pirite framboidal e intercrescimentos colomórficos de pirite-esfalerite-galena, bem como intercrescimentos e/ou intercalações de níveis de carbonatos, consistentes com deposição distal e processos de re-deposição.

Tabela V.2 – Sulfuretos e sulfossais identificados nos diferentes minérios do Zambujal.

* Retirado de Ramdohr (1980, Anthony (2003) e Deer et al. 2010.

Minerais	Minério Maciço						Composição química ideal *
	ME	MC	MZ	MP	MCZ	MZP	
Pirite	×	×	×	×	×	×	FeS ₂
Calcopirite	×	×	×	×	×	×	CuFeS ₂
Esfalerite	×	×	×	×	×	×	ZnS
Galena	×	×	×	×	×	×	PbS
Tetradrite-Tenantite	×	×	×	×	×	×	(Cu,Fe,Ag,Zn) ₁₂ (Sb,As) ₄ S ₁₃
Arsenopirite		×	×		×	×	FeAsS
Estanite-Kesterite			×		×	×	Cu ₂ (Zn,Fe)SnS ₄
Bournonite		×	×	×	×	×	CuPbSbS ₃
Cosalite					×		Pb ₂ Bi ₂ S ₃
Galena-Claustalite		×	×		×		PbSe

× Mineral presente em quantidades menores ou acessórias
 × Mineral abundante

A **1ª fase** corresponde ao processo mais precoce de precipitação de sulfuretos em ambiente hidrotermal com condições de temperatura de baixa temperatura. Nesta primeira fase há formação de uma geração precoce de pirite (Py Ia) framboidal e colomórfica, com intercrescimento de esfalerite (Sp I), calcopirite (Ccp I), galena (Gn I) e arsenopirite (Apy I) (Figura V.2/Figura V.4). Com o decorrer do processo de precipitação e evolução do sistema hidrotermal, esta pirite mais precoce é recristalizada resultando numa subsequente geração de pirite (Py Ib), que é a mais abundante e ocorre frequentemente substituída parcialmente por calcopirite. Oticamente esta geração de pirite (Py Ib) apresenta-se em placas relativamente homogêneas, porosas e, frequentemente, intercrescida com a arsenopirite. Esta é a geração de pirite mais abundante em todos os tipos de minério estudados e tende a ocorrer em grãos subédricos a euédricos individuais ou em agregados porosos. Quando ocorre sozinha, ou quase, dá corpo a mineralização estéril de baixo teor - ME.

A **2ª fase** corresponde à fase principal de mineralização de zinco e chumbo. Nesta fase, há deposição de uma nova geração de esfalerite (Sp II) e galena (Gn II) (Figura V.2 A, B,C), que se encontram frequentemente a substituir a Py Ib (Figura V.2 D, E). Observa-se, (a) formação de cristais de pirite muito finos, por reação da esfalerite com a pirite (Py II, provável excesso de ferro na estrutura cristalina da esfalerite) (Figura V.2 F, G); (b) uma segunda geração de arsenopirite (Apy II), consistindo em cristais subédricos a euédricos, comumente encontrada nestes minérios e associada aos níveis ricos em esfalerite (Figura V.2 A); e, (c) deposição de quantidades acessórias de calcopirite (Ccp II), tetraedrite-tenantite (Ttr-Tnt II), bournonite (Bnn II) e minerais da série estanite-kesterite (Figura V.2H).

A **3ª fase** corresponde à fase principal de mineralização cuprífera (de mais alta temperatura) que concorre para a formação dos minérios de cobre (MC) e cobre-zinco (MCZ). Esta fase é subdividida em fase III precoce e fase III tardia. Na fase III precoce ocorre substituição pervasiva da associação mineralógica formadas na fase II da mineralização constituída por pirite+esfalerite+arsenopirite por calcopirite (Ccp III) e por tetraedrite-tenantite (Ttr-Tnt III; principalmente tenantite) (Figura V.4 A). Ocorre ainda a formação de quantidades acessórias de arsenopirite (Apy III), de cosalite (?) e de galena III, na sua variedade galena-claustalite (Gn-Cth) (Figura V.4 B).

Na fase III tardia, há deposição de abundante calcopirite (Ccp III) e continuação de formação de tetraedrite-tenantite (com termos composicionais mais intermédios), que substitui intensamente os minerais pré-existentes (Figura V.2 C a H). As reações de desequilíbrio impostas a minerais pré-existentes poderão ter concorrido para a formação de novas fases por acomodação dos elementos em excesso e promovido a exsolução de termos anteriormente co-precipitados (de tetraedrite-tenantite e/ou calcopirite). A formação de raros minerais da série estanite - kesterite ocorre sempre associada à esfalerite e, encontrando-se geralmente junto dos seus bordos, embora, essa relação espacial não permita inferir necessariamente relação em equilíbrio entre estas duas fases. O predomínio da pirite nas associações minerais substituídas pela Ccp III, favorece que, muitas vezes, relíquias desta subsistam como “fantasmas esqueléticos” das texturas anteriores (“pseudomorfotexturas”) (Figura V.2 H).

A **4ª fase** corresponde a episódios tectono-metamórficos tardios, que resultam na geração de fraturas em regime frágil, responsáveis pela formação de veios, que intersetam as texturas pré-existentes, com remobilizações de calcopirite (Ccp IV), galena (Gn IV), tetraedrite-tenantite (Ttr-Tnt III), e quantidades acessórias de arsenopirite (Apy IV), esfalerite (Sp IV) e bournonite (Bnn IV) (Figura V.3 A, B). Uma geração tardia de pirite (Py IV) também está presente nestas fraturas, embora muitas vezes, a pirite presente nestes preenchimentos também corresponda a Pirite Ib cataclada e englobada no seio destes veios tardios.

Em todos os minérios estudados foi possível observar padrões texturais secundários resultantes de deformação. Estes processos de deformação ocorrem preferencialmente em regime dúctil-frágil, com formação/produção de fragmentos de pirite e arsenopirite por cataclase (Figura V.3 C); bandados de segregação textural, particularmente evidentes no MZ, MZP e MCZ; clastos rodados (Figura V.3–D); remobilizações tardias; dobramentos e *boudinage* dos níveis de pirite (Figura V.3 E, F); cominuição forte de pirite, com desenvolvimento de zonas de *schliering* (Figura V.3 G, H); e texturas de brechificação e cataclase ocorrendo principalmente nos minérios, mais frágeis, de pirite e pirite-esfalerite-galena.

A formação dos minérios de zinco-chumbo (MZ, MP e MZP) e de cobre/cobre-zinco (MC e MCZ) resultou assim de uma evolução composicional e textural associada a transformações termoquímicas ao longo de extensos processos de refinamento e segregação metalífera (*zone refining*). A definição de distintas fases de mineralização é conveniente do ponto de vista descritivo mas corresponde à aproxi-

mação de uma realidade caracterizada pela evolução contínua do sistema mineralizante e mudança progressiva dos produtos resultantes. Os minérios de zinco-chumbo formaram-se no final da segunda fase e apresentam-se bandados, com alternância entre níveis dominados por pirite e por esfalerite (-galena). A forma como reagem texturalmente à deformação depende em grande medida do comportamento reológico dos minérios predominantes em cada “banda”. Os níveis de esfalerite(-galena) frequentemente apresentam junções triplas de 120° (*annealing*) enquanto os níveis mais ricos em pirite se encontram recristalizados, brechificados, com fraturas preenchidas por esfalerite, galena e tetraedrite-tenantite e, localmente, estão boudinados.

No final da terceira fase ocorre a formação dos minérios de cobre e de cobre-zinco, sendo estes os que apresentam maior diversidade textural (*e.g.* recristalização, brechificação e bandados tectono-metamórficos, com ou sem remobilizações associadas). Os minérios de cobre são constituídos por pirite e calcopirite e podem ser subdivididos em dois termos, os minérios essencialmente constituídos por pirite, com calcopirite nos espaços intersticiais ou sob a forma de remobilizações (correspondem aos MC de baixo teor) e os minérios com pirite maioritariamente substituída por calcopirite e tetraedrite-tenantite (correspondem aos MC de alto teor). Esta diferença reflete a proximidade aos MCZ, com os MC de alto teor formados preferencialmente nas proximidades dos MCZ. Os minérios de cobre-zinco apresentam frequentemente texturas bandadas, com alternância entre bandas de pirite-esfalerite(-tetraedrite-tenantite), esfalerite-tetraedrite-tenantite, calcopirite(-esfalerite-tetraedrite-tenantite) e calcopirite. Também se observam brechas de pirite-calcopirite-tetraedrite-tenantite ou a combinação entre estas com zonas bandadas e zonas brechificadas. Frequentemente, observam-se nos níveis de pirite dobramento dos mesmos (Figura V.3 E).

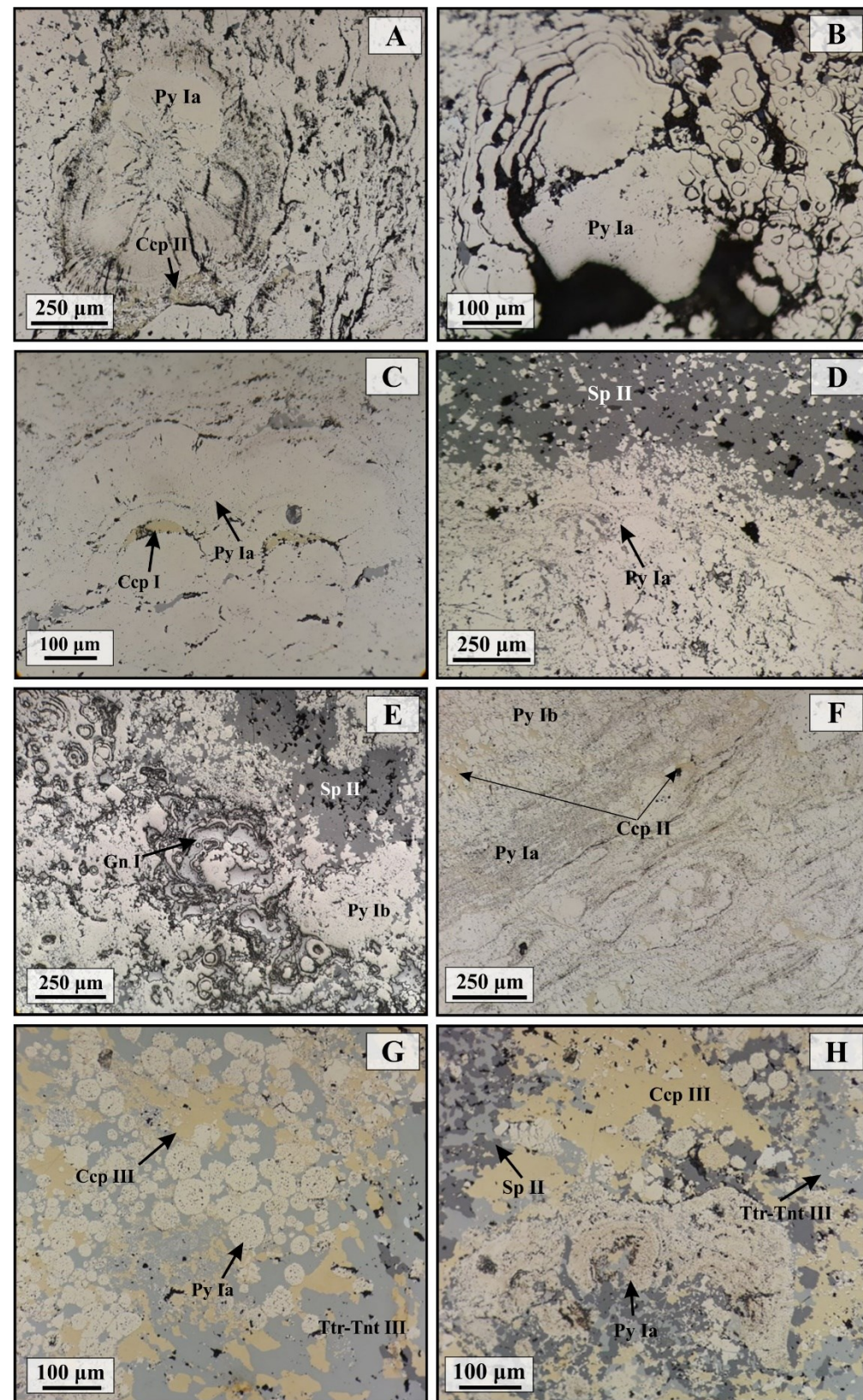


Figura V.2 – Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 1ª fase da mineralização: (A) Pirite colomórfica, parcialmente recristalizada e porosa, a ser substituída por calcopirite [ME: TZ225 – Z53; LR //]; (B) Pirite colomórfica e framboidal, com intercrescimentos finos de ganga [MZ: FZ402 – Z35; LR //]; (C) Pirite colomórfica, com intercrescimento de calcopirite [MP: FZ297 – Z55; LR //]; (D) Pirite colomórfica porosa, parcialmente recristalizada, com intercrescimentos finos de galena [MZP: FZ402 – Z34, LR //]; (E) Agregado de pirite colomórfica e framboidal, com intercrescimentos de galena [MZP: TZ208 – Z49, LR //]; (F) Pirite colomórfica, porosa, parcialmente recristalizada, localmente, substituída por calcopirite [MC: FZ330 – Z13, LR //]; (G) Pirite framboidal, porosa e parcialmente recristalizada [MCZ: FZ330 – Z15, LR //]; (H) Relíquia de pirite colomórfica parcialmente recristalizada substituída por calcopirite [MCZ: FZ327 – Z17B, LR //].

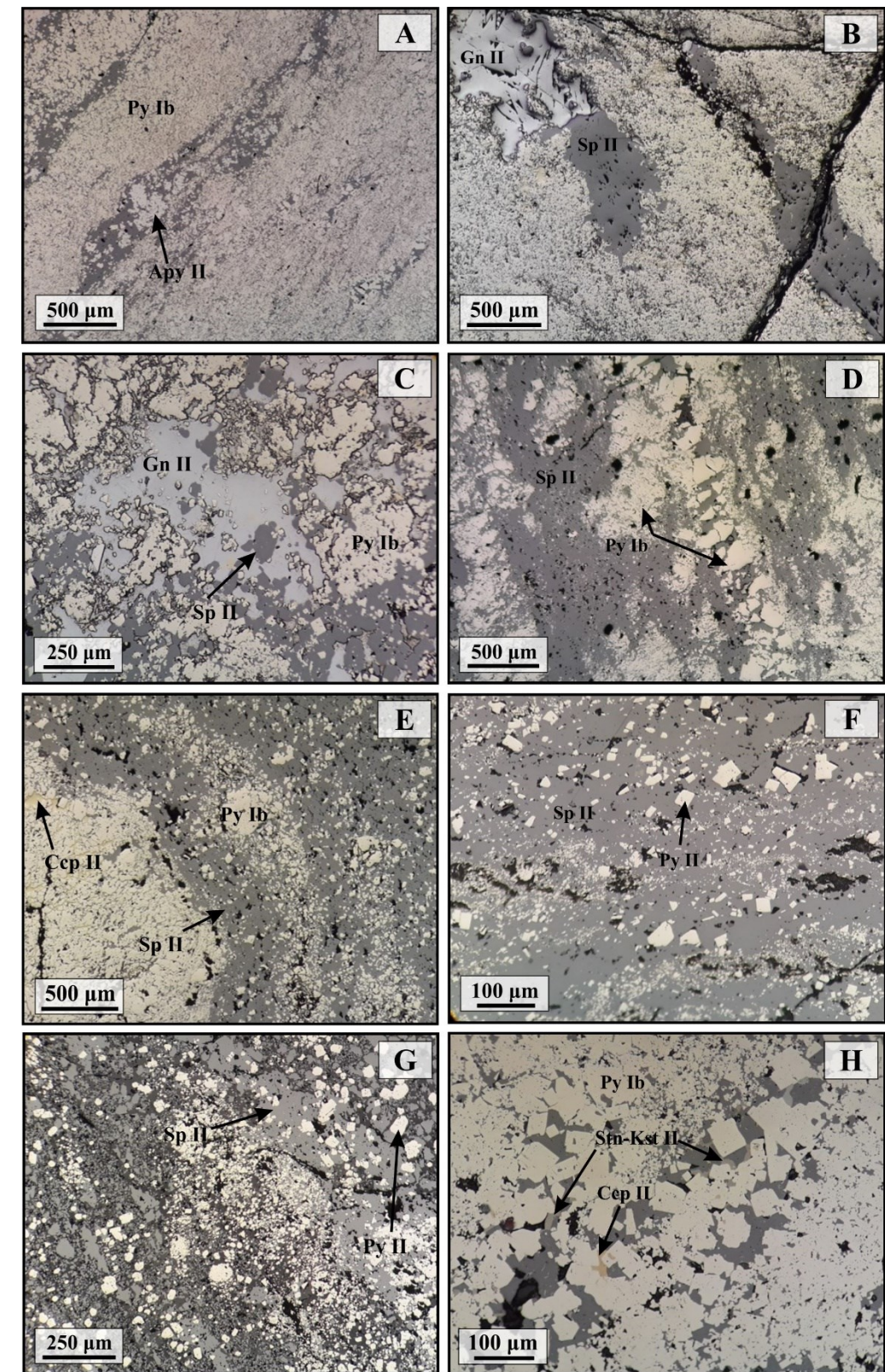


Figura V.2 - Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 2ª fase da mineralização: (A) Amostra bandada, com alternância entre níveis de pirite e de esfalerite-arsenopirite [MZ: FZ320 – Z26, LR //]; (B) Exemplo do minério bandado de zinco e chumbo, com alternância entre níveis de pirite e níveis/vénulas de esfalerite-galena [MZP – FZ320 – Z25, LR //]; (C) Exemplo dum nível de galena-esfalerite, com esfalerite a substituir parcialmente a pirite [MZP: FZ849 – Z41, LR //]; (D) Vénula de esfalerite, em que esta encontra-se a substituir de forma pervasiva a pirite. Note-se que a Py Ib em alguns zonas encontra-se recristalizada [ME: TZ225- Z43, LR //]. (E) Alternância entre níveis de esfalerite e pirite. Nos níveis de esfalerite é possível observar que a esfalerite encontra-se a substituir a Py Ib, restando apenas, por vezes, relíquias desta [MZP: FZ402 – Z34, LR //]; (F) Ampliação de um nível dominado por esfalerite. Note-se a presença de cristais subédricos de pirite (Py II) [MZ: FZ931 – Z47, LR //]; (G) Intercrescimento de ganga (possivelmente siderite) num nível de esfalerite, com cristais subédricos de Py II [MZ: TZ225 – Z52, LR //]; (H) Presença de cristais de calcopirite e de minerais da série da estanita-kesterite associados à esfalerite [MZ: FZ320 – Z26, LR //].

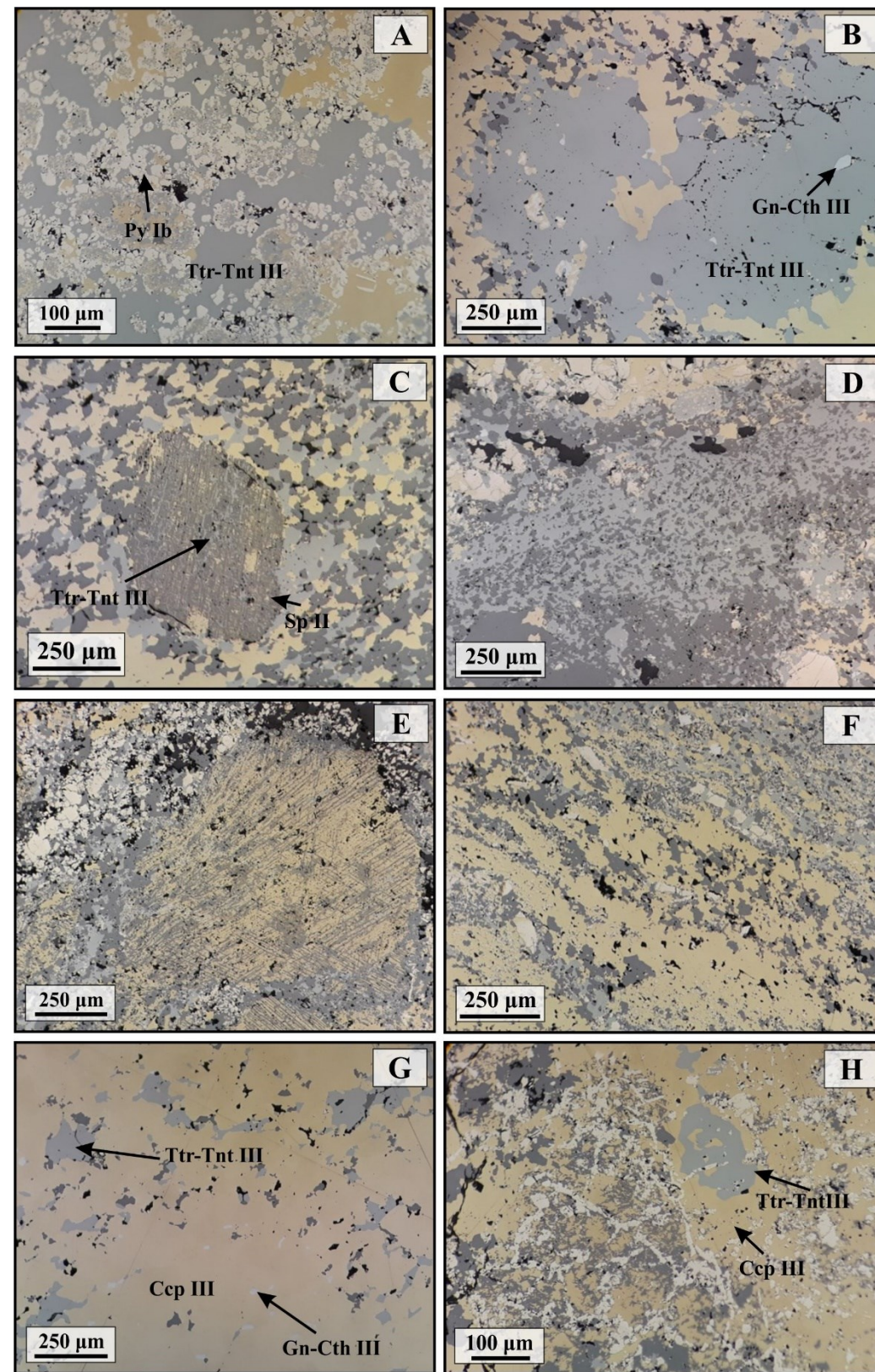


Figura V.4 - Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 3ª fase da mineralização. Fotomicrografias (A) e (B) ilustram a 3ª fase precoce em que se observa a tetraedrite-tenantite a substituir a pirite e a ocorrência de cristais de galena-claustalite [MC: FZ322 – Z8, LR //]; As fotomicrografias de (C) a (H) ilustram a 3ª fase tardia. (C) Esfalerite com doença da tetraedrite-tenantite a ser substituída por calcopirite [MCZ: FZ313 – Z12, LR //]; (D) banda de esfalerite-tetraedrite-tenantite, na qual é possível observar o annealing da esfalerite [MCZ: FZ301 – Z4; LR //]; (E) Fase mais avançada da substituição da esfalerite por calcopirite, restando apenas, por vezes, fantasma de esfalerite [MCZ: FZ679 – Z21, LR //]; (F) e (G) Substituição intensa das fases minerais pré-existent (esfalerite e tetraedrite-tenantite) por calcopirite [MCZ: FZ306 – Z3, LR // & MCZ: FZ322 – Z8, LR //]; (H) Exemplo de pseudomorfose de pirite devido à intensa substituição desta por calcopirite [MC: FZ322 – Z8, LR //].

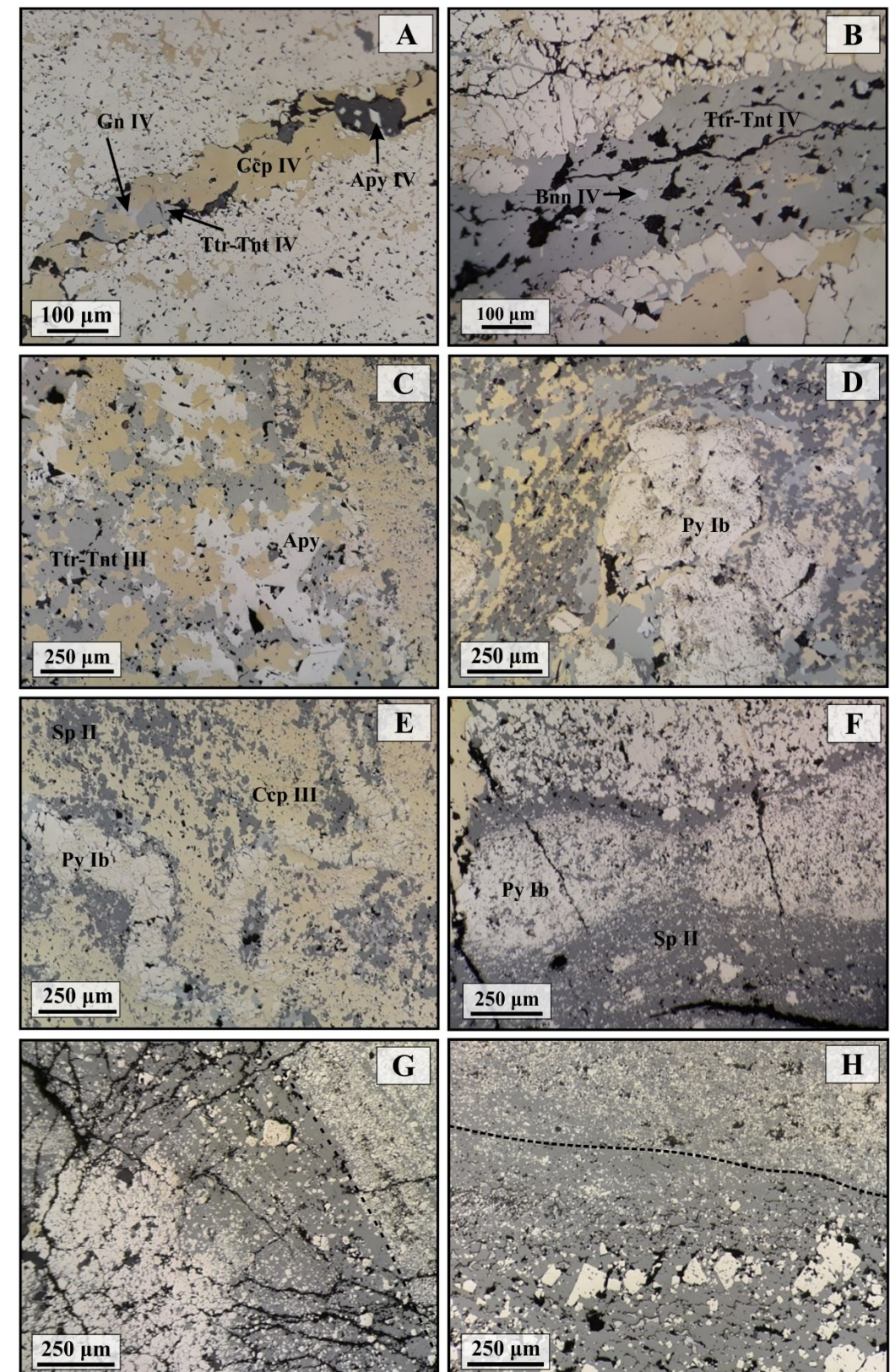


Figura V.3 - Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais representativos da 4ª fase da mineralização. (A) e (B) fraturas tardias, com remobilizações de calcopirite, galena, arsenopirite e tetraedrite-tenantite. Note-se as inclusões de bournonite na tetraedrite-tenantite em (B). [MC: FZ322 – Z7, LR // & MC: FZ295 – Z38, LR //]; (C) Textura de recrystalização com formação de cristais de arsenopirite [MCZ: FZ306 – Z2, LR //]; (D) Grão de pirite parcialmente rodado e parcialmente substituído por calcopirite [MCZ: FZ313 – Z12, LR //]; (E) Nível de pirite dobrado e fraturado, no seio de calcopirite, e que se encontra a substituir a esfalerite [MCZ: FZ306 – Z2, LR //]; (F) Boudin de um nível de pirite no seio de um nível de esfalerite [MCZ: TZ208 – Z50, LR //]; (G) e (H) Textura de schliering com acomodação máxima de deformação ao longo de um plano. neste é possível observar 2 zonas ambas constituídas por pirite e esfalerite, mas uma com forte cominuição do grão. [MCZ: TZ208 – Z50, LR // & MCZ: TZ208 – Z50., LR //].

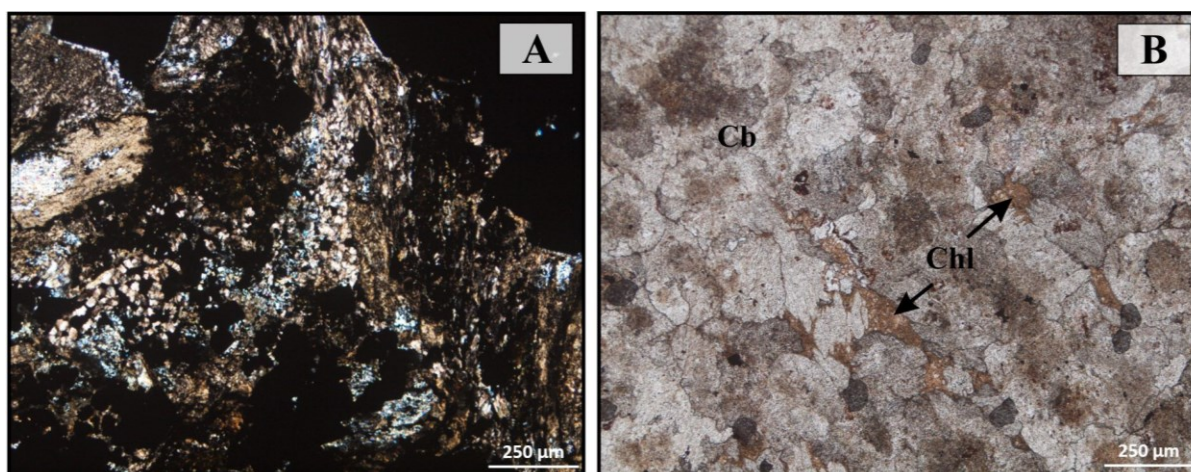
V.2. Rochas não sulfuretadas

Na sondagem FZ849 foram amostradas rocha metassedimentar com contribuição vulcânica, incompletamente substituída por sulfuretos, e rocha carbonatada intercalada com o minério maciço.

Como mencionado, na passagem de material carbonatado foi amostrado o contacto entre este (rocha predominantemente carbonatada; Figura V.5 B) e um veio com filossilicatos (Figura V.5 A). Esta amostra foi colhida, num intervalo de 1m deste material, a cerca de 7m do teto da mineralização (unidade JC). A rocha é essencialmente constituída por carbonatos(siderite-sideroplesite), sendo intersetada por um veio e uma série de fraturas preenchidas por sericite, clorite, óxidos de ferro e sulfuretos (pirite, calcopirite, galena e tetraedrite-tenantite). As fraturas (Figura V.5 C) mostram vários episódios de reabertura e precipitação de minerais desta associação, enquanto os carbonatos apresentam zonas de dissolução com precipitação de clorite.

Os sulfuretos presentes nas fraturas correspondem a remobilizações tardias, possivelmente, mais tardias que as presentes no minério maciço (não foi possível observar relações de corte destas com o minério maciço). De forma a distinguir estes sulfuretos dos presentes no minério maciço, no capítulo da química mineral, foi-lhes atribuído o sufixo de _veios.

As passagens de rocha sedimentar (amostras Z44 e Z45) encontram-se uma a cerca de 4,5m do teto da mineralização (Z44), e a outra imediatamente a teto da mineralização (Z45), incompletamente substituída por sulfureto (unidade JC provável). Ambas as amostras correspondem a metapelitos com contribuição vulcânica, bastante deformadas, e são constituídas por matriz de sericite, carbonatos, quartzo e quantidades acessórias de clorite, e mineroclastos de grão muito fino, essencialmente constituídos por quartzo (Figura V.5 D e F). A passagem para o minério é feita por uma zona de carbonatos (Figura V.5 G). O minério é essencialmente constituído por pirite e quantidades acessórias de galena, calcopirite, esfalerite e tetraedrite-tenantite. A pirite apresenta-se como um agregado contínuo poroso, brechificado e recristalizado em que, localmente, apresenta texturas primárias colomórfica incompletamente recristalizadas (Figura V.5 E). A tetraedrite-tenantite encontra-se, muitas vezes, inclusa na pirite. Na amostra Z45 o minério é essencialmente constituído pirite recristalizada e brechificada, galena e calcopirite, que se encontra a substituir a pirite. Este é intersetado por fraturas com remobilizações de galena, calcopirite, esfalerite (por vezes, apresentando-se como semi-opaca) e tetraedrite-tenantite (Figura V.5 H).



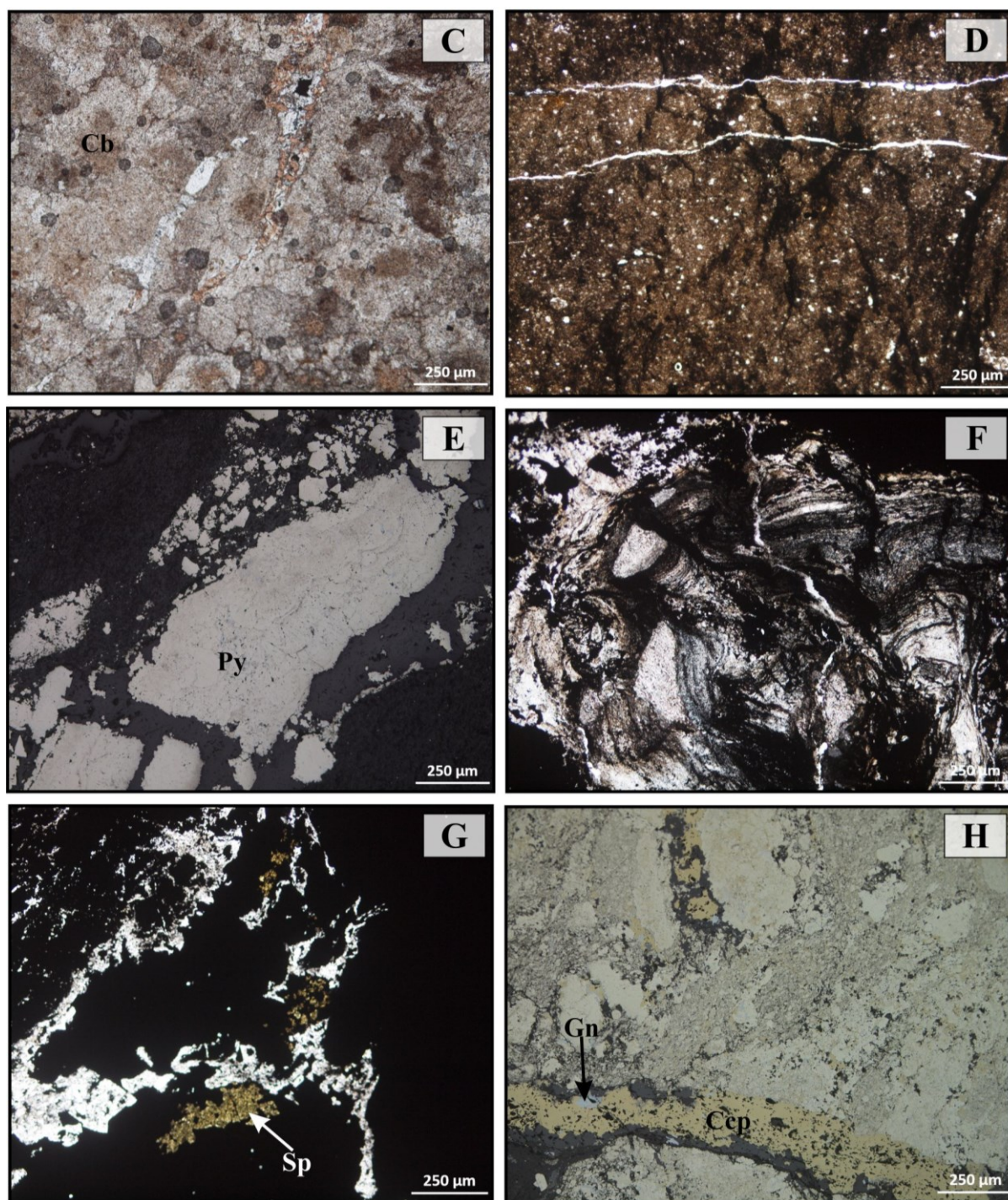


Figura V.5 – Fotomicrografias dos aspetos mineralógicos e texturais observados em lâmina delgada, sob luz transmitida e refletida. (A) Veio com sericite, clorite e óxidos de ferro [MP: FZ849 – Z43, LT X]; (B) Rocha carbonatada essencialmente constituída por siderite. Note-se que em algumas zonas os carbonatos se encontram corroidos e com neoformações de clorite [MP: FZ849 – Z43, LT //]; (C) Fraturas com sulfuretos e clorite a intersetando a rocha carbonatada [MP: FZ849- Z43, LT //]; (D) Exemplo da reliquia de metapelite com contribuição vulcânica, com matriz essencialmente sericitica com quantidades acessórias de carbonatos, e mineroclastos de quartzo [MP: FZ849 – Z44, LT //]; (E) Exemplo de uma zona de minério que se encontra a substituir o metapelite com contribuição vulcânica. Neste observa-se pirite com textura colomórfica parcialmente recristalizada [MP: FZ849 – Z44, LR //]; (F) Exemplo de metapelite com contribuição vulcânica muito deformado na zona de transição minério maciço/minério fissural [MP: FZ849 – Z45, LT //]; (G) Zona da transição metapelite/minério marcado por carbonatos e esfalerite semi-opaca [MP: FZ849 – Z45, LT //]; (H) Minério maciço constituído por pirite brechificada e recristalizada, parcialmente substituído por calcopirite. Este domínio é intersetado por fraturas com remobilizações de calcopirite e galena [MP: FZ849 – Z45, LR //].

VI. Química Mineral

O trabalho de química mineral efetuado teve como objetivo principal a caracterização das variações composicionais das fases minerais identificadas no estudo petrográfico bem como o reconhecimento de fases não identificáveis ao microscópio devido à sua reduzida dimensão. De entre as amostras estudadas ao microscópio, selecionaram-se 10 superfícies polidas e 2 lâminas delgadas polidas para estudo quantitativo e 6 superfícies polidas para estudo semi-quantitativo, fazendo uso do EDS. Realizaram-se um total de 1193 análises, das quais foram utilizadas 1055, descartando-se 138 devido à sua má qualidade (mau polimento, misturas, dimensão do grão inferior ao diâmetro do feixe de eletrões). Das 1055 análises validadas, 842 foram realizadas em sulfuretos (pirite, esfalerite, calcopirite, arsenopirite, danaíte, galena, galena-claustalite, e em termos composicionais próximos da cosalite, estanite, ferrokesterite, kesterite e cobaltite ferífera), 3 em selenetos de Bi-Pb, 151 em sulfossais (tetraedrite, tenantite e tetraedrite-tenantite), 9 em cassiterite, 27 em filossilicatos (clorite e micas potássicas dioctaédricas) e 23 em carbonatos (siderite-sideroplesite). Os resultados são apresentados discriminando-se as várias gerações das diferentes fases minerais, para cada tipologia de minério maciço do Zambujal. Sempre que possível, foi efetuada comparação com análises médias correspondentes, para os diferentes tipos de minério, na massa do Lombador por Carvalho (2016), com análises feitas por Pinto (2008), nos minérios do tipo MCZ do Zambujal, e por Carvalho (2016), nos vários tipos de minérios do Zambujal. Para a clorite, sericite e carbonatos, foram efetuadas comparações com análises dos *stockwork* do Corvo e Lombador, obtidas por Relvas (2000) e Carvalho (2016), respetivamente. Sempre que os valores de concentrações médias se encontram abaixo do limite de deteção ou muito próximo dele, optou-se por referir concentrações máximas para os elementos traço que possam ter expressão na geração mineral considerada.

Os padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais, óxidos, filossilicatos e carbonatos, bem como os limites de deteção dos 21 elementos analisados são apresentados nos anexos 9 e 10, respetivamente. A estatística descritiva para cada geração mineral em cada tipologia de minério é apresentada no anexo 11.

VI.1. Sulfuretos

VI.1.1. Pirite

O estudo de química mineral da pirite (FeS_2) teve por base 223 análises repartidas por 4 gerações de pirite (Py Ia, Py Ib, Py IV e Py _veios), com desvios mínimos à composição ideal. Não foi possível analisar a segunda geração deste mineral (Py II) devido à reduzida dimensão dos grãos.

Para a Py Ia obtiveram-se 6 análises pontuais no minério do tipo ME, sendo a sua composição química média descrita por $\text{Fe}_{0,999}\text{S}_{1,991}$. Ao nível dos elementos traço o As e W são os elementos que apresentam concentrações mais significativas, com valores que atingem os 0,424 wt% e 0,205 wt%, respetivamente. Seguem-se com concentrações menores, mas acima dos respetivos limites de deteção (ver Anexo 10) o Mo, Pb, Au, Sb, Mn, In, Ga, Ag, Zn, Co e Te.

Para a geração Py Ib obtiveram-se 204 análises no conjunto das várias tipologias de minérios estudadas, sendo a sua composição média descrita por:

- ME: $\text{Fe}_{0,994}\text{S}_{1,990}$
- MZ: $\text{Fe}_{0,999}\text{S}_{1,992}$
- MP: $\text{Fe}_{0,997}\text{S}_{1,997}$
- MZP: $\text{Fe}_{0,997}\text{S}_{1,993}$
- MC: $\text{Fe}_{0,997}\text{S}_{1,990}$

- MCZ: $\text{Fe}_{0,999}\text{S}_{1,990}$

Em termos de elementos traço, todos os elementos analisados, à exceção do Bi, se encontram presentes nesta fase mineral, sendo os que apresentam maiores concentrações, em todas as tipologias de minério, são o Zn, Cu, As e Pb, que atingem valores máximos de 1,614 wt%, 1,304 wt%, 0,864 wt% e 0,296 wt%, respetivamente.

Para a Py IV obtiveram-se apenas 3 análises pontuais no minério do tipo MP, sendo a sua composição média descrita por $\text{Fe}_{0,998}\text{S}_{1,999}$. Apresenta como principais elementos traço, isto é, com concentrações maiores, o Mo, Ag, Ga, In, seguidos com concentrações menores (mas acima dos respetivos limites de deteção – ver Anexo 10) o Co, Ni, Au e Se. Os restantes elementos encontram-se abaixo do limite de deteção ou muito próximo deste.

Para a Py_veios realizaram-se 10 análises no minério do tipo MP, sendo a sua composição média descrita por $\text{Fe}_{0,999}\text{S}_{1,995}$. Em termos de elementos traço, os que apresentam concentrações mais expressivas são o As e Cu, com valores máximos de 0,520 wt% e 0,308 wt %, respetivamente. Os restantes elementos traço à exceção do Bi encontram-se presentes com valores mais baixos, mas acima do limite de deteção.

Ao realizar a projeção Fe vs S (Figura VI.1) verifica-se que, tendencialmente, as pirites da geração Ib, presentes no MCZ, da geração IV e dos veios se apresentam comparativamente enriquecidas em Fe e S, tal como se procurou representar com a envolvente a tracejado na Figura VI.1

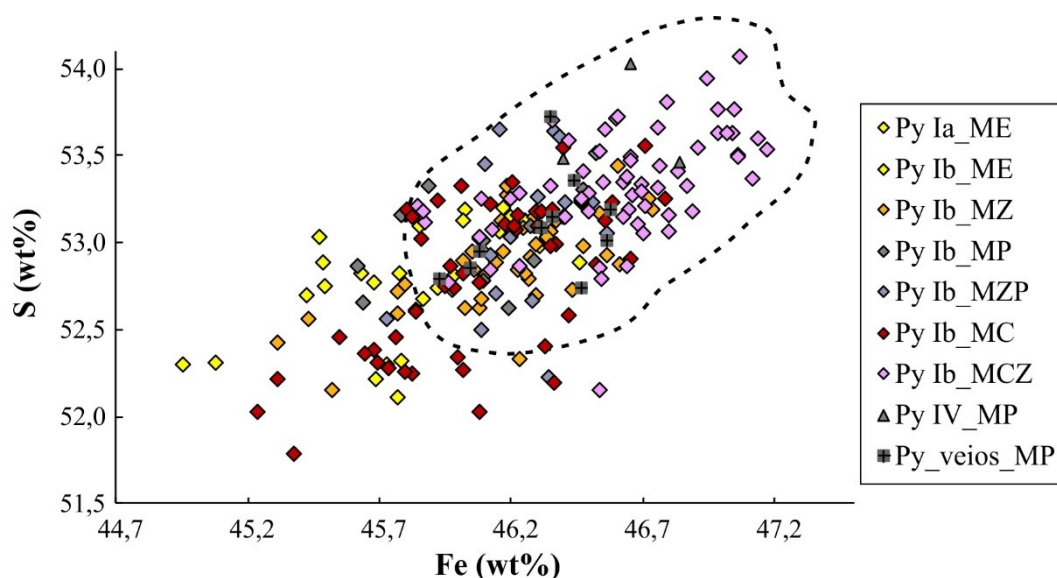


Figura VI.1- Concentração de Fe vs S em todas as gerações de pirite analisadas, discriminadas por tipologia de minérios, em wt%.

Relativamente aos elementos traço, no geral, todas as gerações de pirite apresentam baixos valores quer de As, quer de Zn+Pb+Ag com exceção da Py Ia, a qual apresenta valores em As comparativamente elevados (Figura VI.2), como tinha sido evidenciado por Carvalho (2016).

Como seria de esperar, as pirites com valores mais elevados de ferro e enxofre observados na Figura VI.1 são os que apresentam tendencialmente mais baixos valores em Zn+Pb+Ag e As.

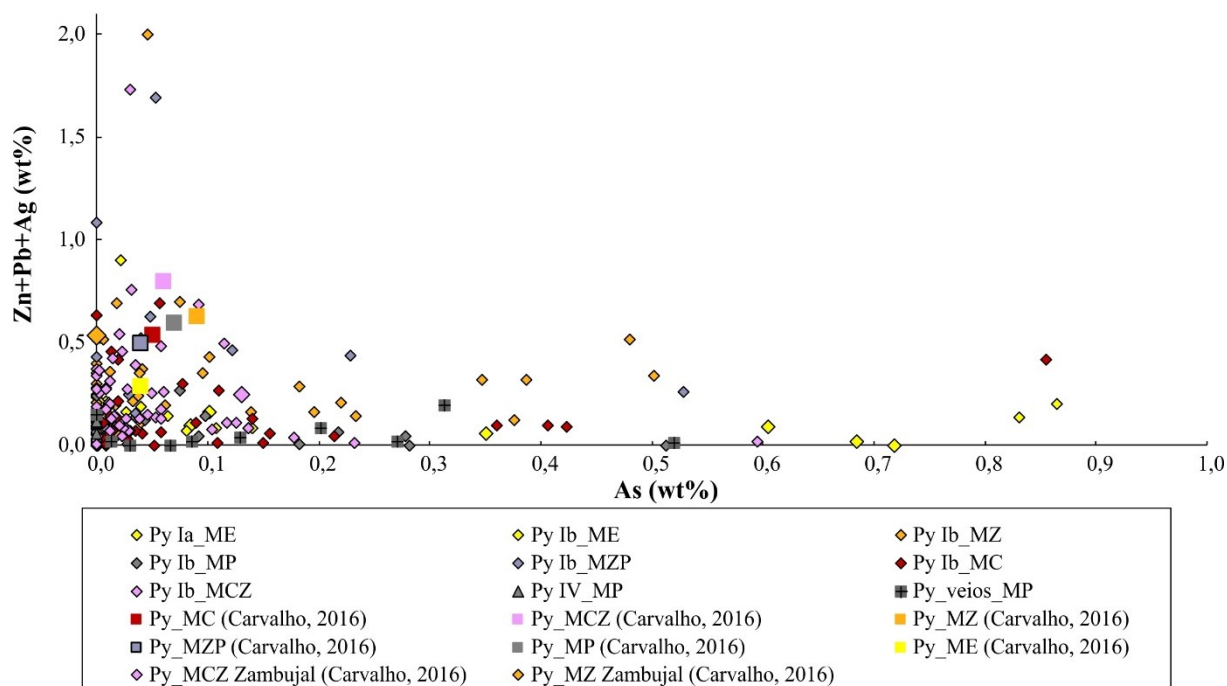


Figura VI.2 - Concentração de As vs somatório de Zn, Pb e Ag, de todas as gerações de pirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

VI.1.2. Esfalerite

O estudo de química mineral da esfalerite (ZnS) teve por base 192 análises repartidas pelas 3 gerações petrograficamente reconhecidas para este mineral (Sp I, Sp II e Sp IV).

Para a primeira geração (Sp I) obtiveram-se 27 análises pontuais nos minérios dos tipos ME e MP, sendo a sua composição química média descrita por $\text{Zn}_{0,941}\text{Fe}_{0,037}\text{S}_{1,013}$ e $\text{Zn}_{0,953}\text{Fe}_{0,032}\text{S}_{1,004}$, respetivamente. Ao nível dos elementos traço, os que apresentam concentrações maiores são o Cu, Cd, Mo e W, em ambos os minérios, e a Ag no MP, com valores de concentração que atingem os 2,803 wt%, 0,334 wt%, 0,130 wt%, 0,185 wt% e 0,577 wt%, respetivamente. Seguem-se com concentrações menores o Pb, In, Se, em ambos os minérios e o Te, As, Sb, Sn, Ge, Mn, Au, Ni e Co no MP, por esta ordem de relevância.

Para a segunda geração de esfalerite (Sp II) obtiveram-se 158 análises nos minérios do tipo ME, MZ, MZP, MC e MCZ, com concentrações médias descritas por:

- ME: $\text{Zn}_{0,958}\text{Fe}_{0,028}\text{S}_{1,011}$
- MZ: $\text{Zn}_{0,919}\text{Fe}_{0,072}\text{S}_{1,004}$
- MZP: $\text{Zn}_{0,931}\text{Fe}_{0,057}\text{S}_{1,004}$
- MC: $\text{Zn}_{0,961}\text{Fe}_{0,017}\text{Cu}_{0,011}\text{S}_{1,004}$
- MCZ: $\text{Zn}_{0,960}\text{Fe}_{0,024}\text{S}_{1,004}$

Os elementos traço com concentrações maiores nesta geração são o Cd e Pb, em todos os tipos de minérios analisados, com valores que atingem os 0,489 wt% e 0,177 wt%, respetivamente, e o Cu, no MZ, MZP, MC e MCZ, com concentração máxima de 2,419 wt%. Seguem-se, com concentrações menores, o W, Mo, Sn, Sb, Mn, Ag, Ge, Au e In. Nos minérios do tipo MZ, MZP, MC e MCZ foram medidas ainda concentrações menores de As, Ni, Co, Se e Te. No MCZ foram ainda medidas concentrações acima do limite de deteção de Bi, atingindo concentração máxima de 0,104 wt%.

Para a Sp IV realizaram-se 7 análises no MP, com concentração média descrita por $\text{Zn}_{0,937}\text{Fe}_{0,024}\text{Cu}_{0,022}\text{S}_{1,004}$. Os elementos traço com concentrações maiores são o Cu, In e Cd, com valores

que atingem os 3,566 wt%, 0,649 wt% e 0,135 wt%, respetivamente, seguidos do Mo, W, Pb, Te, Se, Ag e Co.

Em termos de elementos maiores é possível distinguir duas populações entre as esfalerites analisadas (Figura VI.3). A população com maiores conteúdos em Zn inclui as gerações Sp I, Sp II (no ME, MCZ e MC) e Sp IV, ao passo que a população com maiores conteúdos em Fe compreende essencialmente a segunda geração de esfalerite medida no MZ e MZP. Por observação do gráfico é evidente que existe alguma dispersão em ordem à concentração em S, num intervalo de aproximadamente 1,5%, mas que esta não discrimina as duas populações anteriormente referidas.

À exceção do Cd, In e Se, os restantes elementos traço não permitem discriminar as várias gerações de esfalerite.

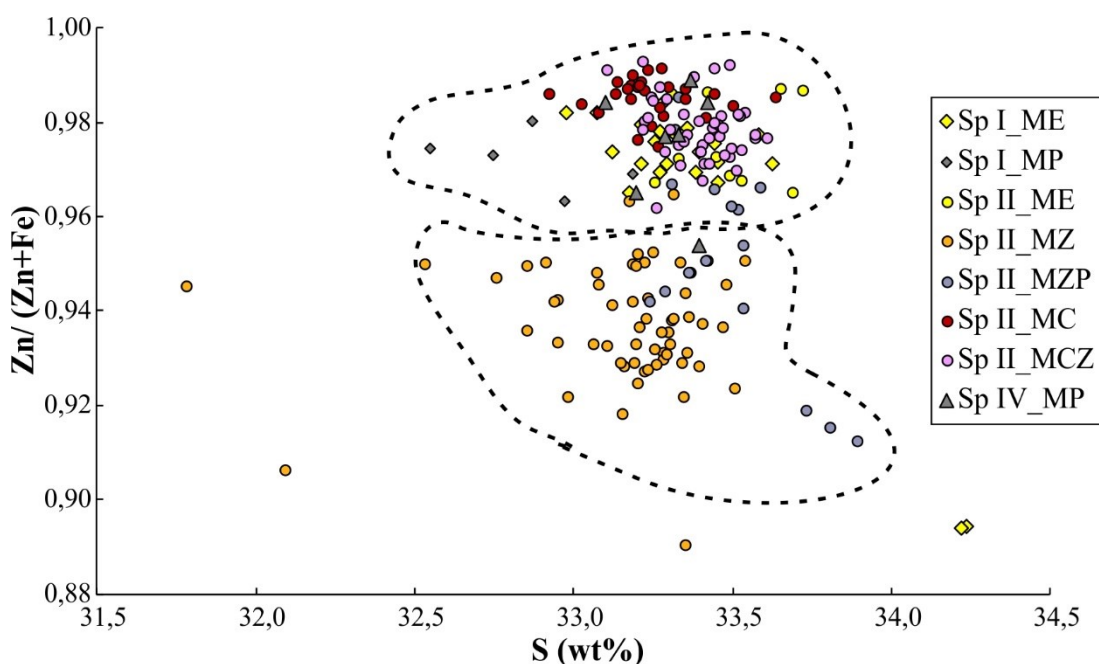


Figura VI.3 - Concentração de S, em wt%, vs razão Zn/(Zn+Fe) em todas as gerações de esfalerite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.

Projetando a razão Zn/(Zn+Fe) vs Cd (Figura VI.4) foi possível identificar as mesmas populações acima referidas e subdividi-las, distinguindo quatro populações principais com base nos valores de Cd. A população **I** apresenta concentrações em Cd abaixo do limite de deteção (292 ppm) e engloba a Sp II analisada nos minérios de alta temperatura (MC e MCZ) e parte da Sp IV; a população **II** engloba essencialmente as esfalerites analisadas no ME (primeira e segunda geração) e parte da Sp IV, estas com valores próximos ao limite de deteção; a população **III** apresenta concentrações em Cd semelhantes ao conjunto anterior, mas mostra-se enriquecida em Fe, relativamente a este, facto que se expressa em menores razões Zn/(Zn+Fe); e, por último, a população **IV**, que inclui a Sp I do MP e a Sp II medida numa das amostras de MCZ (amostra Z46), destaca-se pelas superiores concentrações em Cd, claramente acima do limite de deteção.

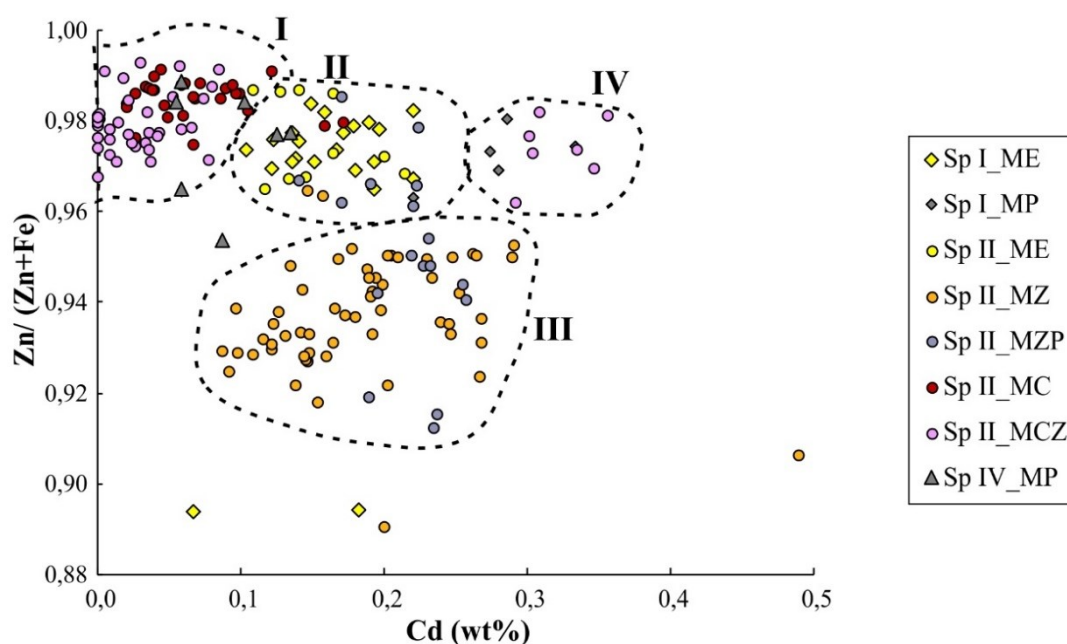


Figura VI.4 - Concentração Cd, em wt%; vs razão Zn/(Zn+Fe) em todas as gerações de esferite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.

De destacar pela sua relevância para este estudo que as maiores concentrações em In medidas na esferite (Figura VI.5) correspondem à sua geração mais tardia (Sp IV), que se associa, como referido anteriormente, a remobilizações, apresentando estas concentração média em In de 0,47 wt%. Embora não muito acentuada, também é possível observar a co-variação positiva, mas grosseira, entre o Cu e In no minério do tipo MCZ, o que corrobora a igual conclusão obtida por Pinto (2008) e Carvalho (2016).

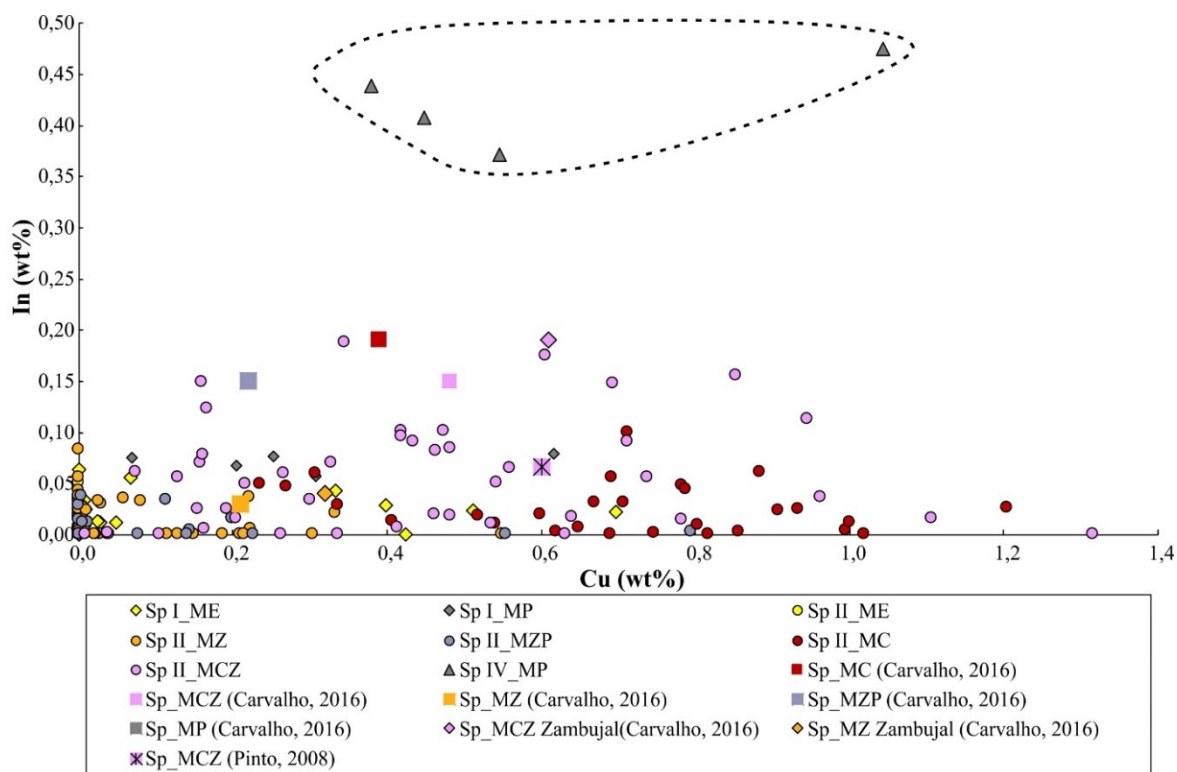


Figura VI.5 - Concentração de Cu vs In, em todas as esferites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Recorrendo às imagens de elétrons retrodifundidos produzidas na microsonda eletrônica, foi possível observar dois grãos de esfalerite remobilizados, interpretados como Sp III, para os quais se obtiveram mapas composicionais dos elementos Cu, Zn e In (Figura VI.6). Nestes observa-se que o In se encontra associado a grãos de esfalerite que apresentam exsoluções de calcopirite (*chalcopyrite disease*), como se depreende da sobreposição da distribuição do zinco e do cobre, nestes dois grãos.

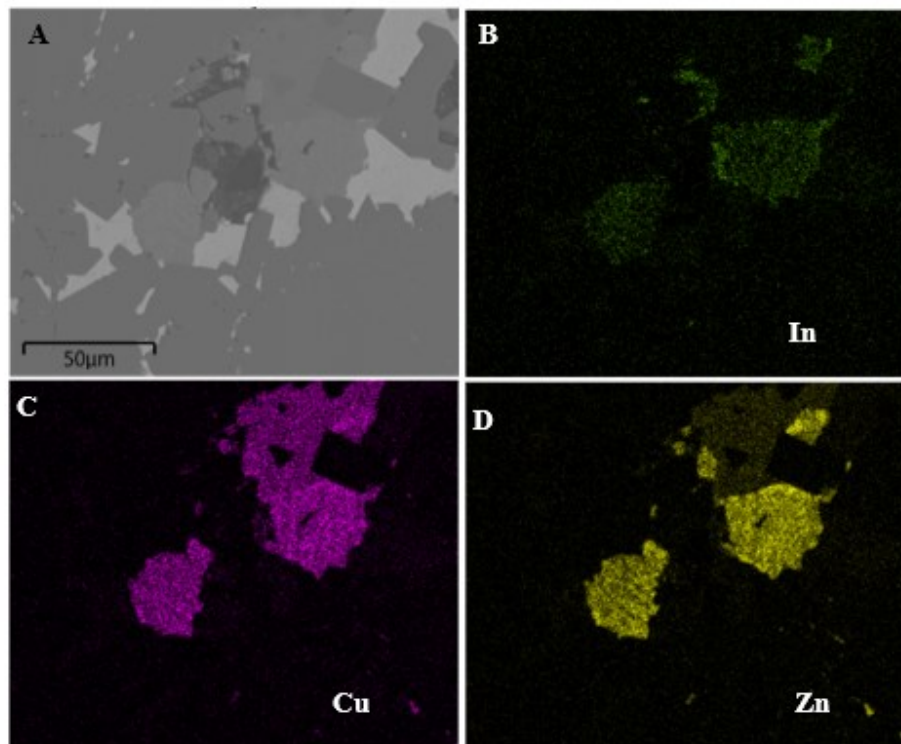


Figura VI.6 - Imagens composicionais de grãos de Sp III(?). (A) Imagem de elétrons retrodifundidos de alta resolução; (B), (C) e (D) mapas dos elementos In, Cu e Zn, respectivamente, desses grãos.

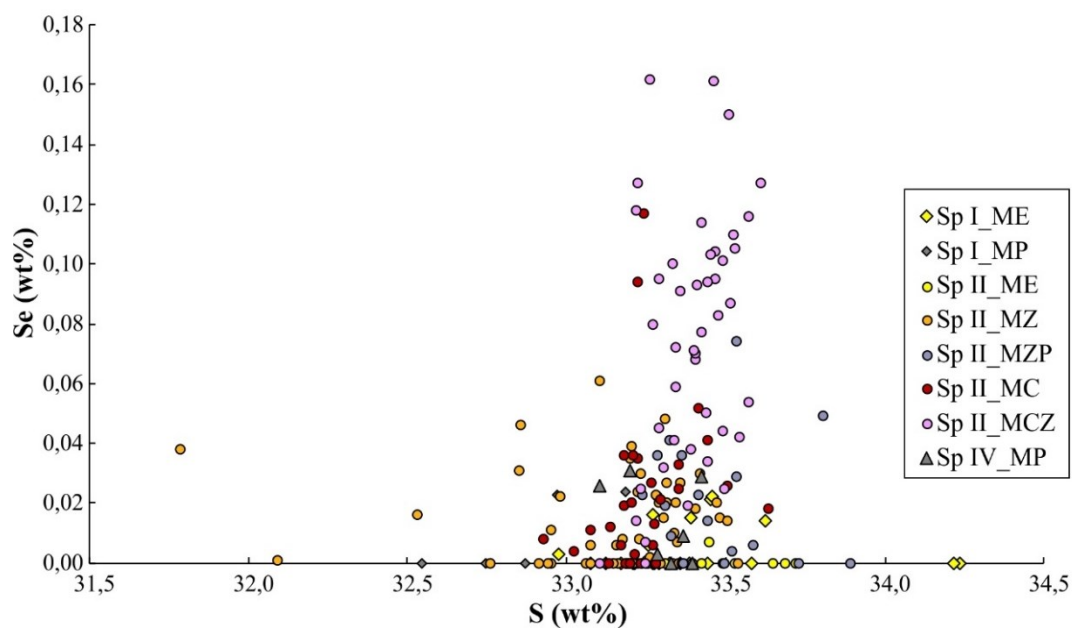


Figura VI.7 - Concentração S vs Se em todas as tipologias de esfalerite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Em relação ao Se, observa-se tendência para o aumento da concentração deste para os minérios de mais alta temperatura, sendo os minérios do tipo MCZ os que apresentam valores mais elevados (Figura VI.7). Ao contrário do que se observa com o In, a geração mais tardia de esfalerite apresenta valores mais baixos em Se, com concentração média de 0,014 wt%, (valor abaixo do limite de deteção).

VI.1.3. Calcopirite

O estudo de química mineral da calcopirite (CuFeS_2) teve por base 226 análises repartidas por 5 gerações deste sulfureto (Ccp I, Ccp II, Ccp III, Ccp IV, Ccp_veios).

Em grãos da primeira geração (Ccp I) obtiveram-se 8 análises pontuais nos minérios do tipo ME e MP, sendo as suas composições químicas médias descritas por $\text{Cu}_{0,966}\text{Fe}_{1,015}\text{S}_{2,016}$ e $\text{Cu}_{0,964}\text{Fe}_{1,015}\text{S}_{2,019}$, respetivamente. Ao nível dos elementos traço, o Pb e o Mo são os que apresentam concentrações mais elevadas, que atingem os 0,111 wt% e 0,107 wt%, respetivamente, e o Zn (no MP) que pode atingir valor máximo de 0,150 wt%. Seguem-se, com concentrações menores, o As em ambas as tipologias de minério, e o Sn, In, Ag, Co, Se, Sb e Mn no MP (por esta ordem de relevância) e também Ga e Te no ME.

Relativamente à segunda geração de calcopirite (Ccp II) obtiveram-se 20 análises pontuais nos minérios do tipo ME, MZ, MP e MZP sendo a sua composição média descrita por:

- ME: $\text{Cu}_{0,966}\text{Fe}_{0,983}\text{Zn}_{0,034}\text{S}_{2,012}$
- MZ: $\text{Cu}_{0,974}\text{Fe}_{1,004}\text{S}_{2,007}$
- MP: $\text{Cu}_{0,980}\text{Fe}_{0,997}\text{S}_{2,015}$
- MZP: $\text{Cu}_{0,982}\text{Fe}_{1,004}\text{S}_{2,004}$

Os elementos traço presentes em maiores concentrações, em todos os tipos de minério analisados, são o Zn, Pb, Sn, Se, In e Mo, atingindo valores máximos de 2,938 wt% e 0,296 wt%, 0,353 wt%, 0,122 wt%, 0,140 wt% e 0,134 wt%, respetivamente. Note-se que o Sn apresenta maior valor de concentração no MZ e MP atingindo os 0,353 wt%; o In é relevante no MP com concentração máxima de 0,140 wt%; e o Zn no ME foi medido com concentração máxima de 2,938 wt%.

Os restantes elementos traço estão abaixo ou muito próximo do limite de deteção nas várias tipologias de minério analisadas.

Para a Ccp III obtiveram-se 171 análises no minério do tipo MC e MCZ, sendo a sua composição média caracterizada por $\text{Cu}_{0,981}\text{Fe}_{1,001}\text{S}_{2,000}$ e $\text{Cu}_{0,983}\text{Fe}_{1,003}\text{S}_{2,005}$. Nesta geração, o elemento traço presente em maior concentração é o Zn, com valor máximo de 1,101 wt%. Os restantes elementos, à exceção do Bi e W, estão presentes em concentrações menores, mas acima do limite de deteção (ver Anexo 10), sendo de destacar o Sn, Co, Se, Pb, In e Mo.

Em cristais da quarta geração de calcopirite (Ccp IV) realizaram-se 20 análises químicas pontuais nos minérios do tipo MP, MC e MCZ, com as seguintes fórmulas estruturais médias:

- MP: $\text{Cu}_{0,975}\text{Fe}_{1,007}\text{S}_{2,012}$
- MC: $\text{Cu}_{0,982}\text{Fe}_{1,000}\text{S}_{2,010}$
- MCZ: $\text{Cu}_{0,988}\text{Fe}_{1,007}\text{S}_{1,998}$

Os elementos traço que apresentam concentrações mais significativas são o In, Zn e Mo atingindo valores máximos de 0,137 wt%, 0,126 wt% e 0,129 wt%, respetivamente. Seguem-se, com menores concentrações, mas acima do limite de deteção (ver Anexo 10), o Se e Sn para as tipologias de minério analisadas. Nas Ccp IV analisadas nos minérios do tipo MP e MCZ, o As, Co, Au, Ag, Ge, Ga e Cd são os elementos traço que se encontram em maiores concentrações. O Te e Ni, no MP, e o Pb, no MC e MCZ, ocorrem em concentrações acima do limite de deteção.

Na Ccp_veios realizaram-se 7 análises no minério do tipo MP, com concentrações médias descritas por $\text{Cu}_{0,978}\text{Fe}_{1,007}\text{S}_{2,008}$. Nesta geração de calcopirite remobilizada os elementos traço com concentrações mais expressivas são o In, Ag, Mo e Sn, com concentrações máximas de 0,228 wt%, 0,136 wt%, 0,115 wt% e 0,111 wt%. Seguem-se, com valores de concentração menores os elementos Au, Se, Zn, Cd, Ge, Co.

Ao projetar os elementos maiores da calcopirite (Figura VI.8) verifica-se que, em todas as tipologias de minério, as várias deste mineral exibem razoável uniformidade no que se refere às concentrações em Cu e Fe, com razões $\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Fe})$ a variar num estreito intervalo compreendido entre 0,520 wt% e 0,535 wt%. Ao invés, alguma dispersão é observada na concentração de S – mais ou menos 1% - é atribuída à substituição deste elemento por Se, processo que é particularmente vincado nas calcopirites analisadas nos minérios do tipo MC e MCZ (Figura VI.9).

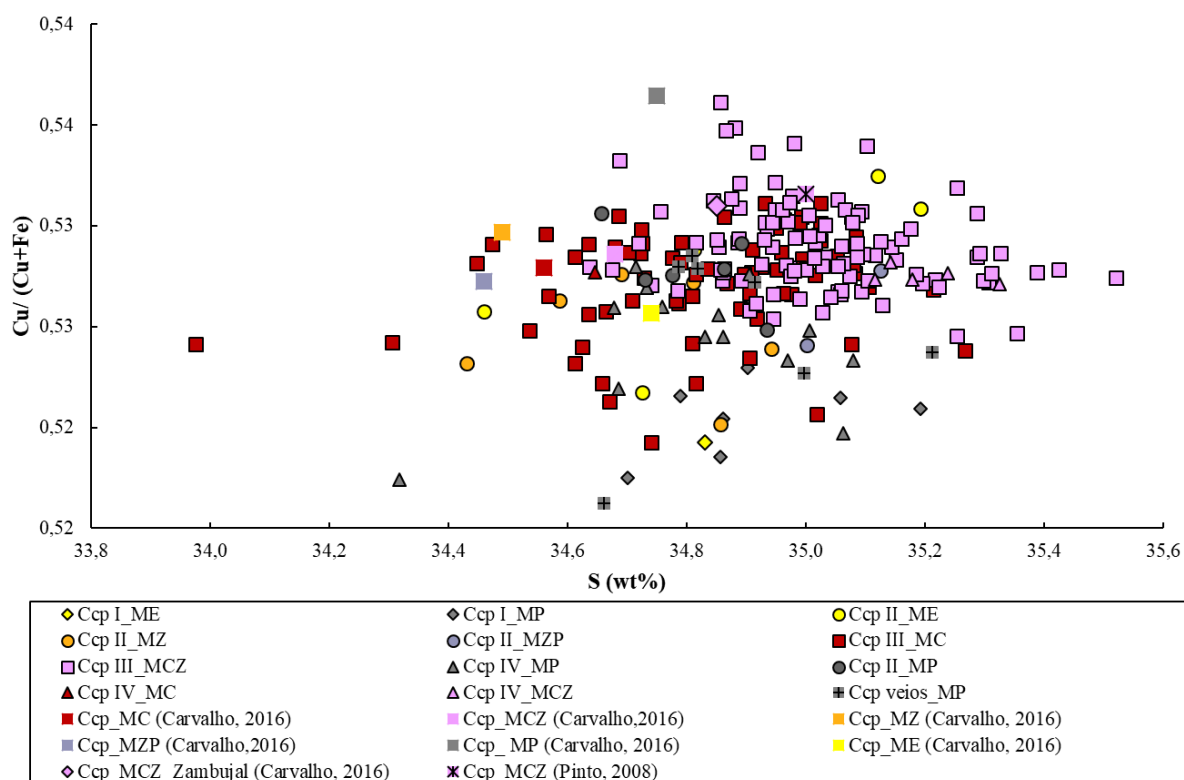


Figura VI.8 - Concentração de S, em wt%, vs razão $\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Fe})$ em todas as gerações de calcopirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério.

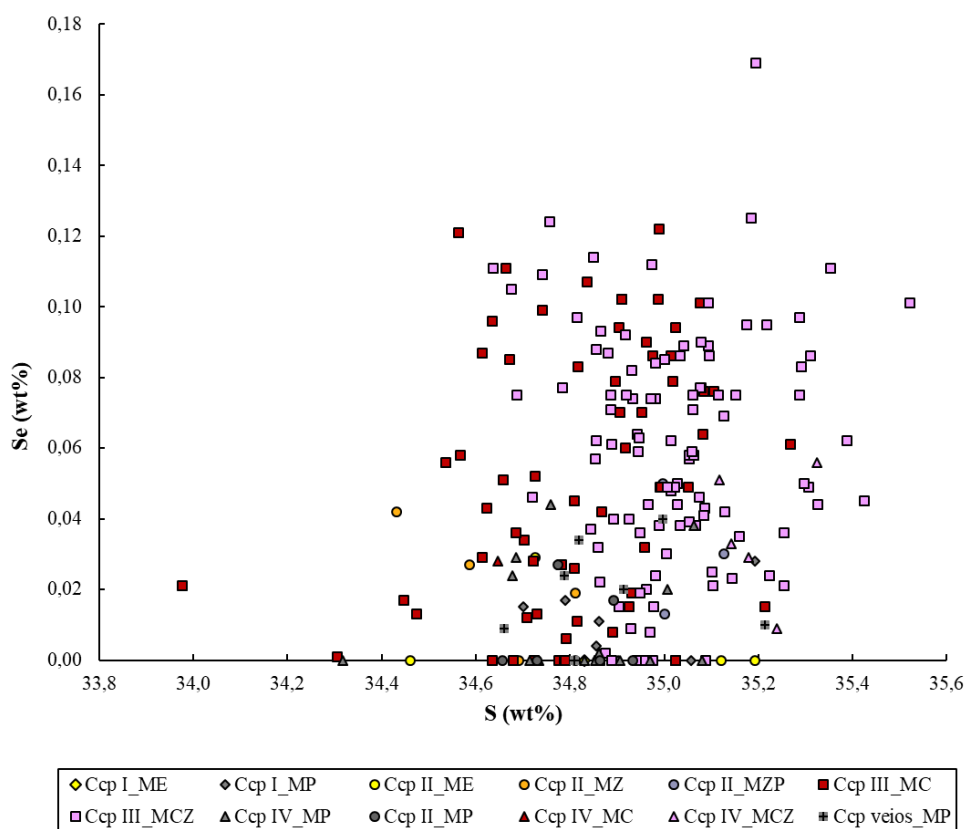


Figura VI.9 - Concentração de S vs Se para todas as gerações de calcopirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

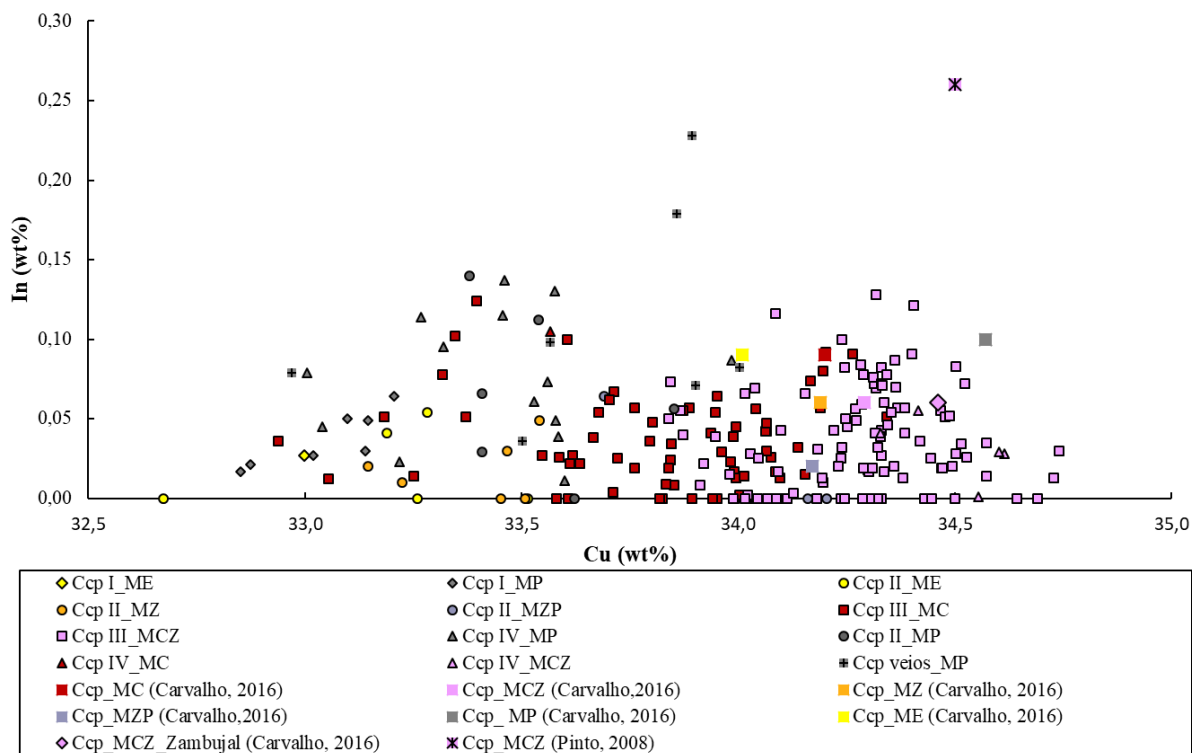


Figura VI.10 - Concentração de Cu vs In em todas as calcopirites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

No que diz respeito ao In, observa-se que as análises das várias gerações apresentam concentrações deste elemento dentro da mesma gama (até 0,15 wt%), à exceção de duas análises de calcopirite remobilizada em veios (que intersejam a rocha carbonatada), que apresentam concentrações mais elevadas (Figura VI.10).

Através do gráfico Cu vs In (Figura VI.10) observa-se ainda que as análises realizadas no MC e MCZ apresentam maiores concentrações em Cu relativamente aos restantes minérios.

As análises efetuadas por Carvalho (2016) e Pinto (2008) nestes elementos (Cu, Fe, In, S e Se) apresentam-se na mesma amplitude de valores à exceção da análise média de Ccp no MCZ (efetuada por Pinto (2008)), que apresenta valores mais elevados em In,

Ao nível dos restantes elementos traço presentes nesta fase mineral não foi possível discriminar famílias, apresentando concentrações semelhantes em todas as gerações, nos vários minérios estudados

VI.1.4. Galena

O estudo de química mineral de galena (PbS) teve por base 51 análises repartidas por 4 gerações deste mineral (Gn I, Gn II, Gn IV e Gn_veios).

A primeira geração de galena (Gn I) faz-se representar por uma análise, no minério do tipo ME, com composição descrita por $\text{Pb}_{0,946}\text{Fe}_{0,046}\text{Zn}_{0,045}\text{S}_{0,953}$. A razão pela qual não foi possível realizar maior número de análises de Gn I pretende-se com reduzida dimensão dos seus grãos (Figura VI.11).

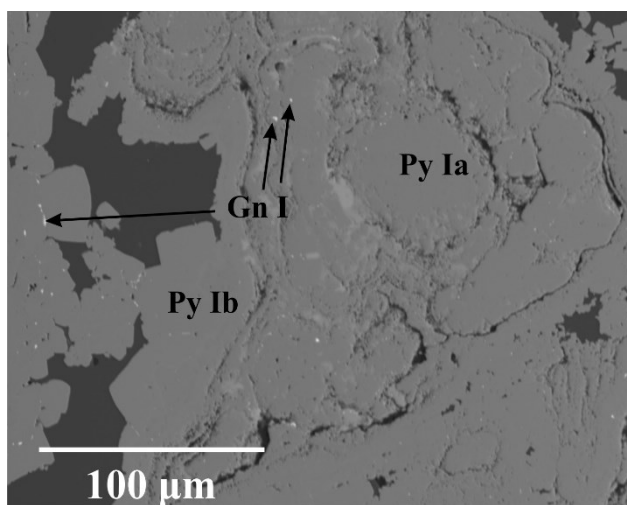


Figura VI.11 - Imagem de eletrões retrodifundidos de alta resolução onde são visíveis grãos de galena I, com dimensão muito reduzida, disseminados na pirite.

Ao nível dos elementos traço verifica-se que esta geração de galena apresenta maiores concentrações de o Fe, Zn e Cu. Seguem-se com valores de concentração menores o Ge e Sb, estando os restantes abaixo do limite de deteção.

Para a Gn II foram efetuadas 32 análises, nos minérios do tipo MP e MZP, com composições médias descritas por $\text{Pb}_{0,994}\text{Fe}_{0,015}\text{S}_{0,957}\text{Se}_{0,025}$ e $\text{Pb}_{0,993}\text{S}_{0,945}\text{Se}_{0,044}$, respetivamente. Em termos de elementos traço, os que apresentam concentrações mais significativas são o Se e Fe com valores que atingem os 1,652 wt% e 1,509 wt %, respetivamente, o Zn no MZP com concentração máxima de 0,721 wt% e o Cu no MP, com 0,192 wt%. Seguem-se com concentrações menores, mas acima do limite de deteção (ver Anexo 10) o Sb, Sn, Co, Ge, W, Ga e Te em ambas as tipologias analisadas. No minério do tipo MP obtiveram-se algumas análises com valores acima do limite de deteção de Ni, Ag e Mn.

Em cristais de Gn IV obtiveram-se 12 análises químicas pontuais no minério do tipo MP, com a seguinte composição média $\text{Pb}_{0,981}\text{Fe}_{0,012}\text{Zn}_{0,015}\text{S}_{0,959}\text{Se}_{0,026}$. Ao nível dos elementos traço os que apresentam maiores concentrações são o Fe, Cu e Se com valores máximos de 2,065 wt%, 2,405 wt% e 1,513 wt%, respetivamente. Seguem-se com valores de concentração menores o Te, W, Ga, Ge, Ni, Sn, Co e Sb, por esta ordem de relevância.

Para a Gn_veios obtiveram-se 6 análises no minério do tipo MP, com concentrações médias descritas por $\text{Pb}_{0,975}\text{Fe}_{0,019}\text{Zn}_{0,015}\text{S}_{0,957}\text{Se}_{0,023}$. Em termos de elementos traço, os que apresentam concentrações mais significativas são o Se, Cu, Sb e Fe com concentrações máximas de 1,724 wt%, 1,028 wt%, 0,572 wt% e 0,704 wt%, respetivamente. Seguem-se, com concentrações menores, mas acima do limite de deteção, o Ni, Te, Ge, Zn, W e Ga.

A projeção das concentrações em Pb vs S na galena mostra concentrações em Pb relativamente constantes que, com uma exceção significativa, mostra distribuição bastante uniforme dentro do intervalo 85-87 wt%, para todas as gerações deste mineral (Figura VI.12). Já o S apresenta dispersão proporcionalmente mais significativa, interpretada de novo como função de graus variáveis de substituição do S por Se. De salientar que as análises de Gn_veios mostram, quanto ao conteúdo em S, duas populações, cada uma representada por três análises, caracterizadas por concentrações deste elemento bastante díspares, facto que é consistente com o carácter multifásico do preenchimento dos veios ao longo da história tectono-metamórfica do jazigo: a geração Gn_veios seguramente incorpora mais do que um episódio de remobilização do chumbo.

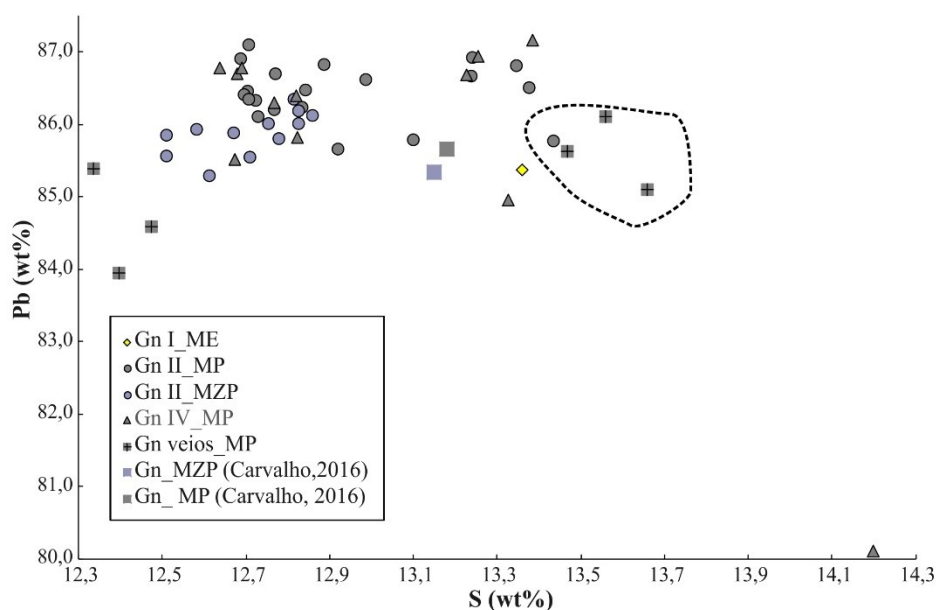


Figura VI.12 - Concentração de S vs Pb para as várias gerações de galenas analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Quando se projeta o Cu vs Pb (Figura VI.13) constata-se que a amostra que apresentava muita baixa concentração em Pb é a que apresenta maiores conteúdos em Cu. As 3 análises de Gn_veios com menos

S são também as que apresentam maiores concentrações em Cu e as galenas analisadas no MZP apresentam menores conteúdos em Cu que as restantes.

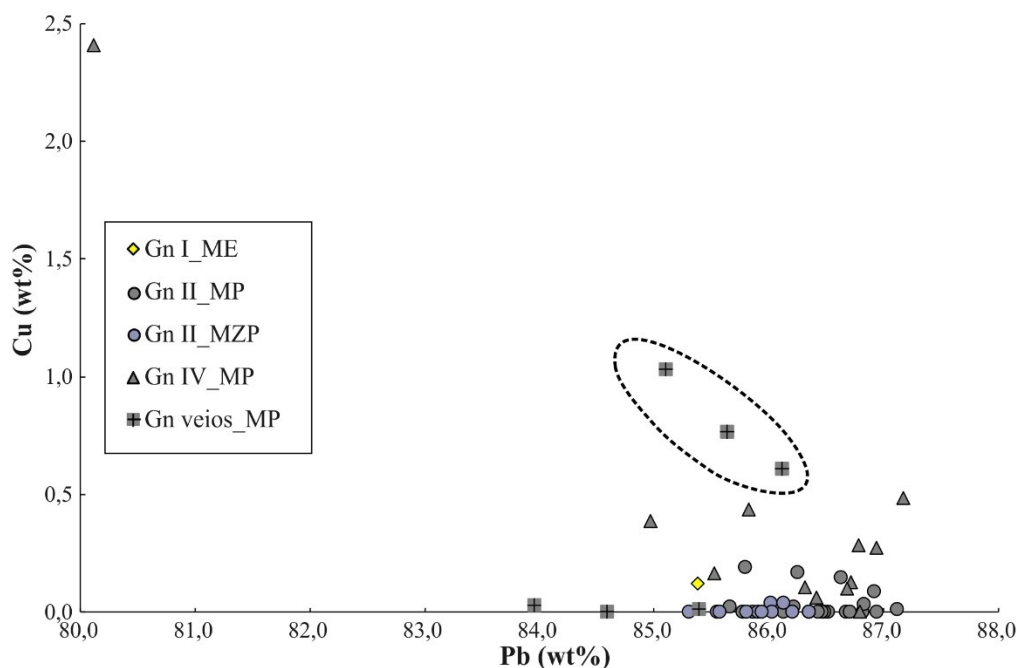


Figura VI.13 - Concentração de Pb vs Cu para as várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Não se observa dispersão significativa das concentrações em Zn nas diferentes gerações de galena, com exceção de uma análise de Gn I, no ME, e duas análises de Gn II, no MZP, cujas concentrações em Zn são significativamente superiores às restantes (Figura VI.14).

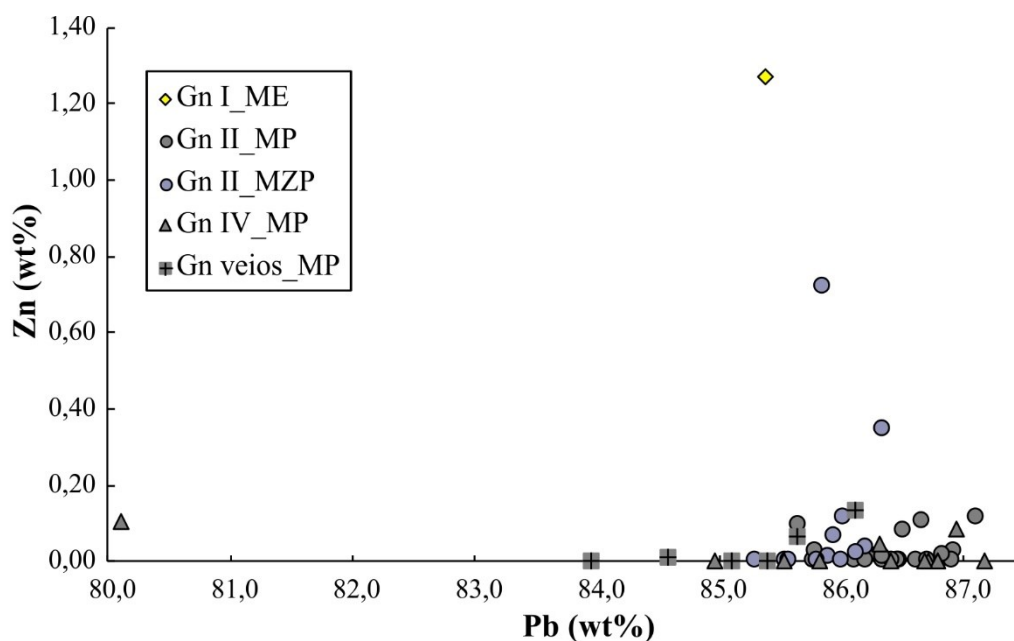


Figura VI.14 -Concentração de Pb vs Zn nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Verifica-se que as 3 análises de Gn_veios que apresentam concentrações em S mais elevadas, são as que apresentam também maiores concentrações em Sb (Figura VI.15).

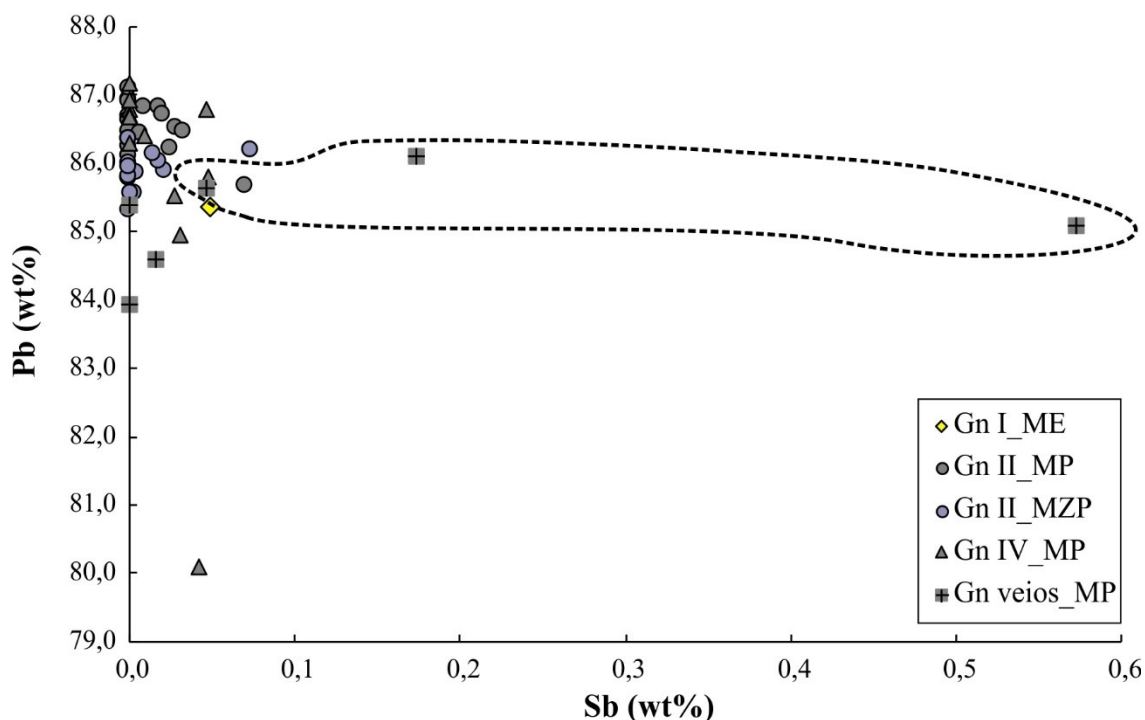


Figura VI.15 - Concentração de Sb vs Pb nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Através da Figura VI.16 é possível observar a correlação negativa entre os elementos maiores da galena (Se Pb) e os elementos menores (Se, Sb, Zn e Cu), que denuncia a substituição do S e Pb por estes elementos menores. Salienta-se a presença de uma análise de Gn IV, no minério do tipo MP, que se destaca restantes por apresentar maiores concentrações do somatório de Se, Sb, Zn e Cu.

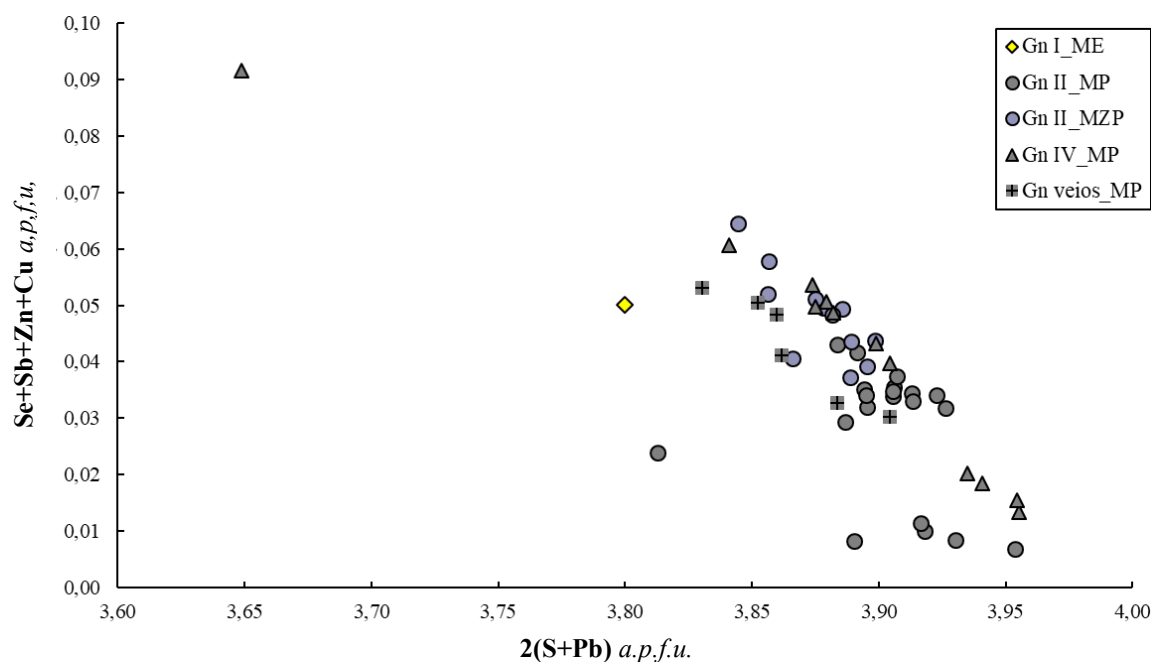


Figura VI.16 – Projeção Se+Sb+Zn+Cu vs 2(S+Pb) nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em a.p.f.u..

VI.1.4.1. Galena – Claustalite (PbS-PbSe)

O estudo de química mineral da galena-claustalite teve por base 43 análises repartidas por 3 gerações deste mineral (Gn-Cth II, Gn-Cth III e Gn-Cth IV). Muitas análises apresentam totais baixos (valor mais baixo de 91,372 %), sugerindo a existência de metais não analisados, de entre os quais a mais provável ausência é o Hg.

Para a Gn-Cth II foram realizadas 24 análises, nos minérios do tipo MZ e MC, com composições médias descritas por $\text{Pb}_{1,006}\text{Fe}_{0,020}\text{Zn}_{0,016}\text{S}_{0,689}\text{Se}_{0,263}$ e $\text{Pb}_{0,939}\text{Fe}_{0,02}\text{Cu}_{0,010}\text{Ag}_{0,020}\text{S}_{0,465}\text{Se}_{0,509}$, respetivamente. O Fe é o elemento traço que apresenta concentrações mais elevadas em ambas as tipologias de minério analisadas atingindo os 1,394 wt%. A Ag e o Cu apesar de estarem presentes em ambos os minérios é no minério do tipo MC, que atinge as concentrações mais elevadas de 1,165 wt% e 0,847 wt%, respetivamente. Naturalmente, o Zn apresenta maior expressão no MZ, com concentração máxima de 1,077 wt%.

A estes elementos acrescem o Sb, Ni, Sn, Co, Ge, Ga e Te, em proporções decrescentes. O Mn e o In apresentam concentrações acima do limite de deteção no MZ (386 ppm e 424 ppm, respetivamente). Uma análise que apresenta 16,396 wt% de Bi, representa, muito possivelmente, um grão misto.

Da geração Gn-Cth III foram obtidas 16 análises nos minérios do tipo MC e MCZ, com composições médias descritas por: $\text{Pb}_{0,978}\text{Fe}_{0,020}\text{Cu}_{0,011}\text{S}_{0,802}\text{Se}_{0,161}$ e $\text{Pb}_{0,995}\text{Fe}_{0,009}\text{Zn}_{0,018}\text{S}_{0,470}\text{Se}_{0,484}$, respetivamente. O elemento traço com maior concentração é o Fe em ambos os minérios, atingindo concentração máxima de 0,437 wt%. O Cu apresenta maiores valores de concentração, de 0,382 wt%, no MC e o Zn no MCZ com um concentração máxima de 1,234 wt%. Seguem-se, com concentrações menores, mas acima dos respetivos limites de deteção (ver Anexo 10), os elementos Ni, Sn, Co, Mn, Ga, Te, Ge e In.

Nas análises de MCZ os elementos Sb, Ag, Bi e W apresentam também quantidades acima do limite de deteção. Também neste caso, uma análise que apresenta 5,388 wt% de Bi corresponde provavelmente a um grão misto.

De Gn-Cth IV obtiveram-se 3 análises no minério do tipo MC, com composição média descrita por $\text{Pb}_{0,972}\text{Fe}_{0,020}\text{Cu}_{0,019}\text{S}_{0,673}\text{Se}_{0,208}$. Os elementos traço presentes em maiores concentrações são o Fe, Cu e Ag com valores que podem atingir os 0,637 wt%, 1,364 wt% e 0,857 wt%, respetivamente. Seguem-se, com menores valores de concentração, o Te, Ga e Mn.

Ao projetar os elementos maiores presentes nas diferentes gerações de galena-claustalite (Figura VI.17) observa-se que as análises de Gn-Cth II apresentam menores concentrações em Pb e que estas e as Gn-Cth III medidas no minério MCZ apresentam maiores concentrações em Se. As análises no MZ apresentam valores de S e Se idênticos. As amostras de Gn-Cth III e IV do minério MC apresentam concentrações de Se inferiores às restantes.

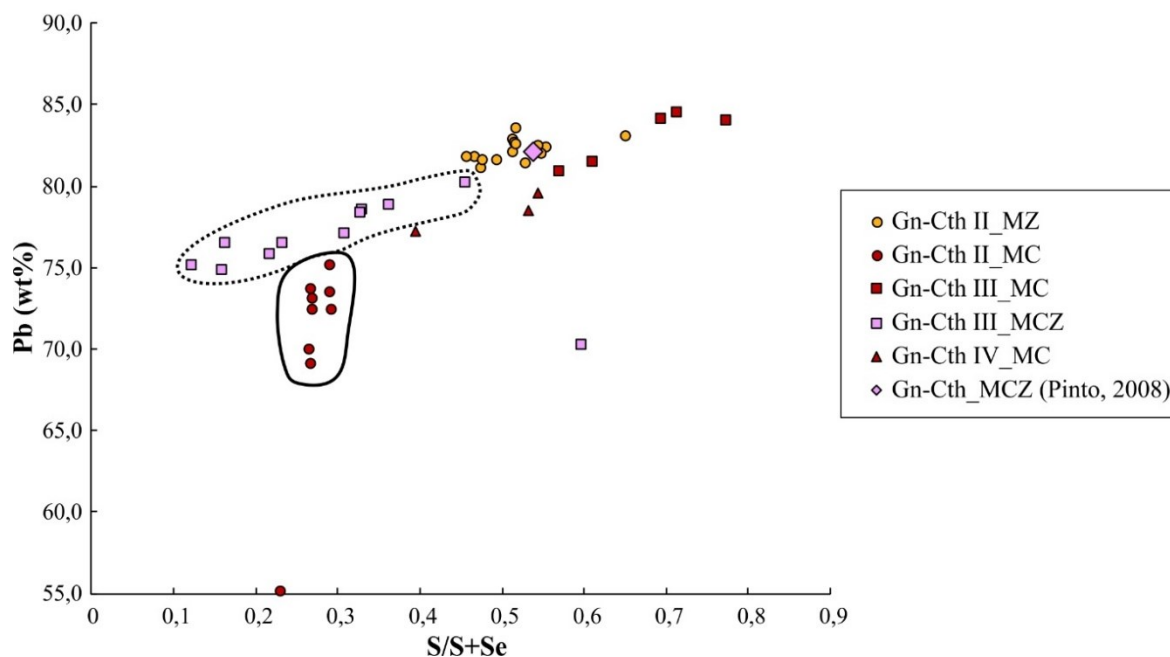


Figura VI.17 - Razão $S/(S+Se)$ vs concentrações de Pb, em wt%, nas várias galenas analisadas, discriminadas por tipologia de minério.

As análises realizadas nas várias gerações de galena-claustalite nos minérios MC e MCZ apresentam considerável dispersão quanto ao seu conteúdo em Cu enquanto as análises obtidas no minério MZ são mais ricas em Pb e, praticamente, não possuem Cu (Figura VI.18). Comportamento inverso é o que naturalmente se regista para o Zn. (Figura VI.19)

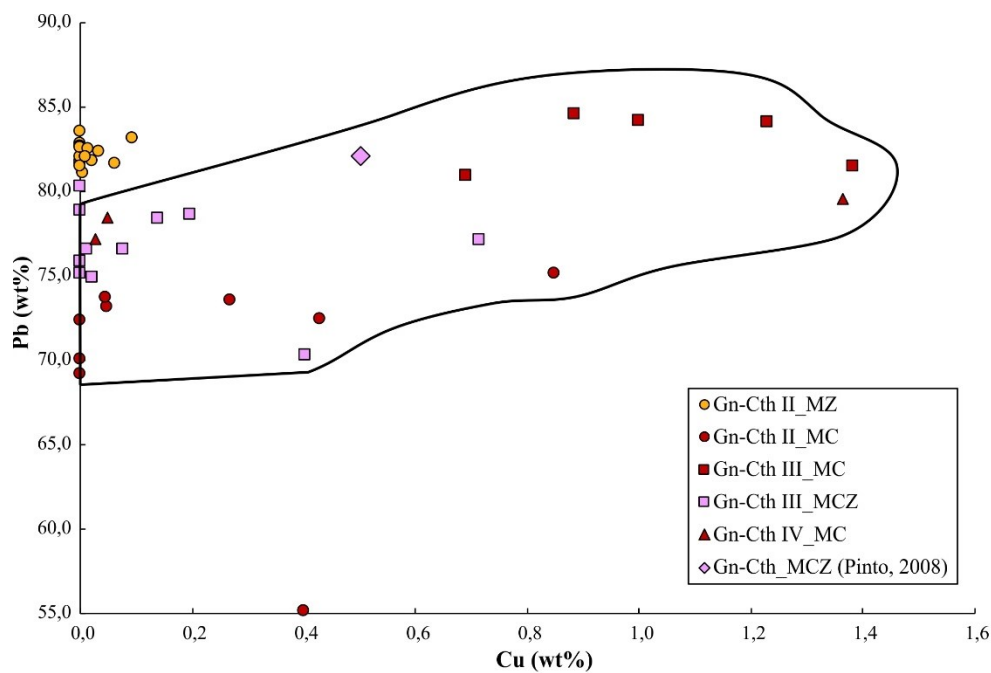


Figura VI.18 - Concentração de Cu vs Pb nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

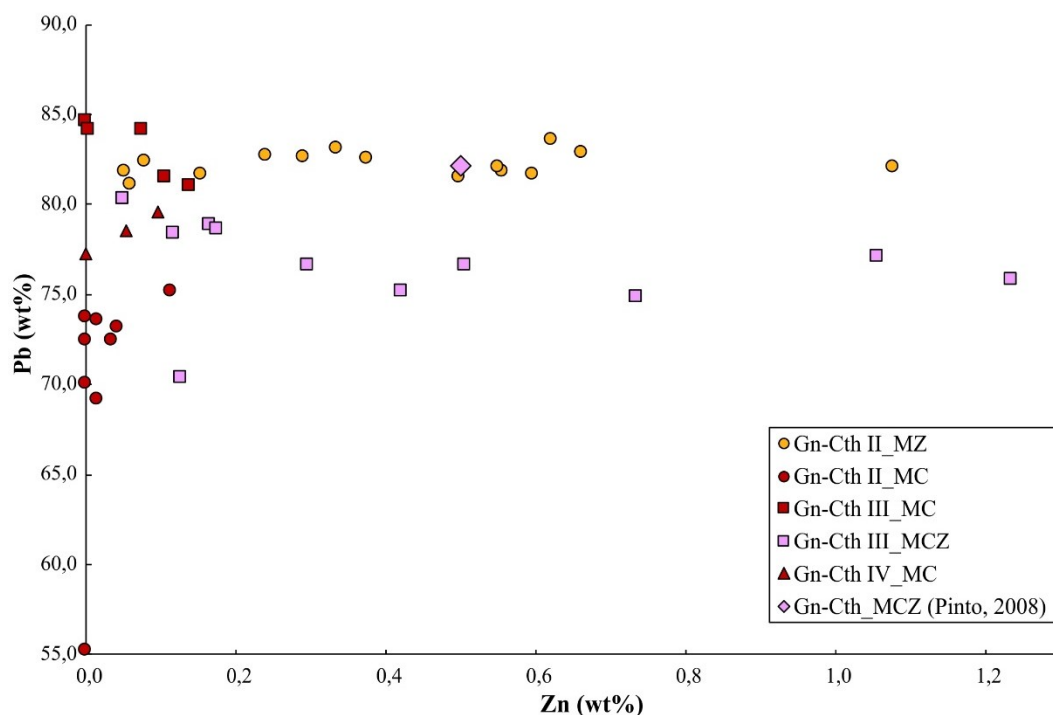


Figura VI.19 - Concentração de Zn vs Pb nas várias galenas analisadas discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Quanto à Ag é possível distinguir três populações (Figura VI.20), uma que engloba as análises de Gn-Cth II no MZ e Gn-Cth III no MC que apresenta valores neste elemento abaixo do limite de detecção (371 ppm); uma outra população que engloba as Gn-Cth III no MCZ e que apresenta valores intermédios da concentração em Ag; e, finalmente, uma população que engloba as Gn-Cth II e Gn-Cth IV no MC que apresenta valores elevados em Ag. Salienta-se ainda que, simultaneamente, estas duas últimas populações são as que apresentam concentrações de Pb mais baixas.

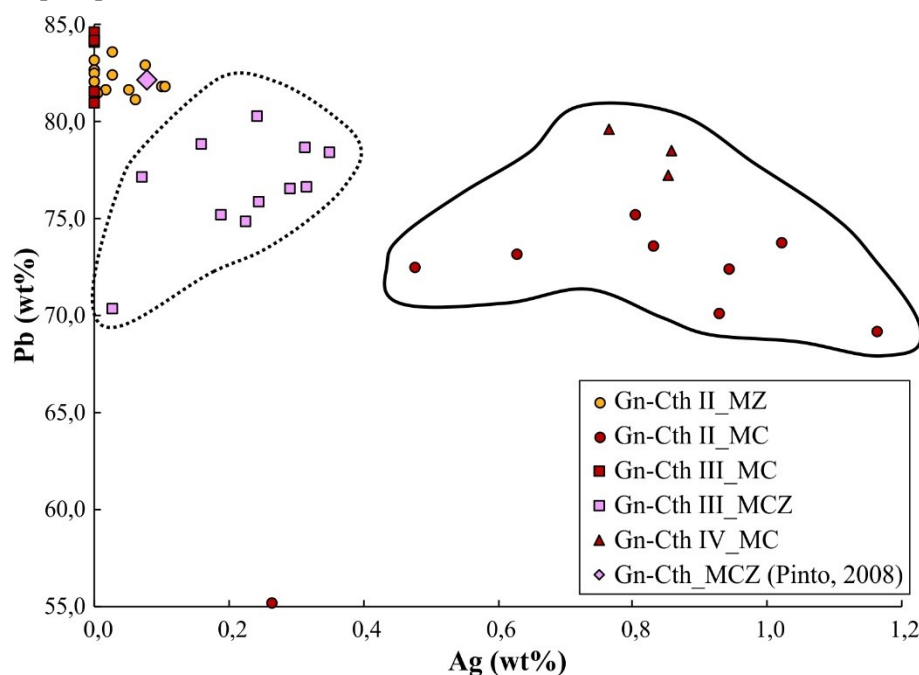


Figura VI.20 - Concentração de Ag vs Pb nas várias gerações de galena analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

As razões $S/(S+Se)$ vs $Pb/(Pb+Bi)$ constituem bons parâmetros discriminantes no que à galena e à sua variedade galena-claustalite diz respeito (Figura VI.21). Esta projeção permite igualmente discriminar as duas análises acima mencionadas que correspondem, provavelmente, a grãos mistos.

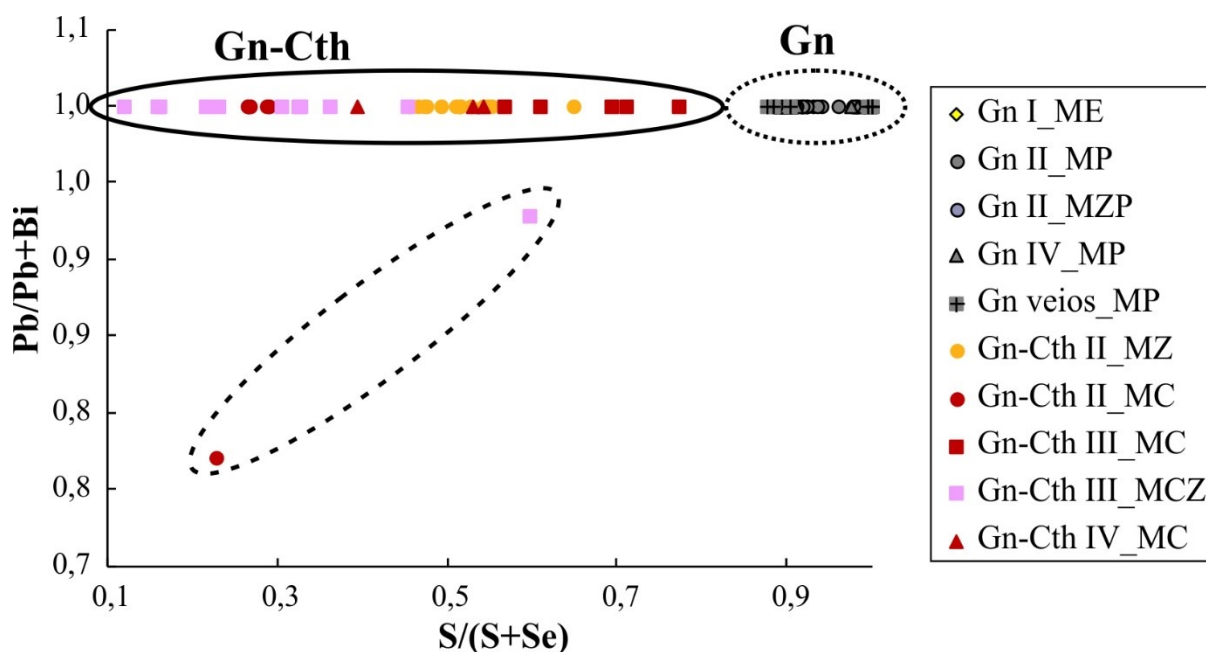


Figura VI.21 - Razão $S/(S+Se)$ vs $Pb/(Pb+Bi)$ nas várias gerações de galena e galena-claustalite analisadas, discriminadas por tipologias de minério.

VI.1.5. Sulfuretos de Pb e Bi - Cosalite (?)

Para esta fase mineral foram obtidas 14 análises no minério do tipo MCZ. Correspondem a sulfuretos de Pb e Bi, possivelmente, a cosalite ($Pb_2Bi_2S_5$). As análises apresentam totais baixos (~94,5 wt% a ~98 wt%) possivelmente porque houve elementos que não foram analisados.

As cosalites exibem substituição significativa do S por Se e apresentam composição média descrita por $Pb_{1,954}Cu_{0,188}Bi_{1,704}Sb_{0,140}S_{3,885}Se_{1,020}$.

Os principais elementos menores incorporados nesta fase são o Cu, Zn, e Sb com concentrações que atingem os 2,278 wt%, 1,01 wt% e 2,036 wt%, respetivamente. Seguem-se com concentração menores o Fe e Ag com valores máximos de 0,481 wt% e 0,137 wt%, respetivamente. Conteúdos vestigiais de Co, Ge, W e Ga foram igualmente detetados.

VI.1.6. Arsenopirite

O estudo de química mineral da arsenopirite ($FeAsS$) teve por base 41 análises, repartidas por 4 gerações deste sulfureto (Apy I, Apy II, Apy III, Apy IV,).

A primeira geração (Apy I) encontra-se representada por 29 análises nos minérios do tipo ME, MZ, MP, MZP e MC, sendo as suas composições químicas médias descrita por

- ME: $Fe_{1,020}As_{0,922}S_{1,047}$
- MZ: $Fe_{1,011}Zn_{0,023}As_{0,917}S_{1,043}$

- MP: $\text{Fe}_{1,006}\text{As}_{0,918}\text{S}_{1,055}$
- MZP: $\text{Fe}_{1,019}\text{As}_{0,900}\text{S}_{1,076}$
- MC: $\text{Fe}_{1,004}\text{Cu}_{0,011}\text{As}_{0,915}\text{S}_{1,041}$

Os elementos traço presentes em concentrações maiores, em todas as tipologias de minério analisadas, são o Sb e Co com valores máximos de 1,140 wt% e 0,856 wt%, respetivamente. No minério do tipo MC, o Se também tem relevante expressão, com concentração máxima que atinge 0,852 wt%. Com menores valores de concentração, mas acima dos respetivos limites de deteção, seguem-se o Cu, Zn, Ni, Mn, Te e Au para o ME, MZ e MC. O Cu e o Ni são significativos no MC e o Cu no MZ.

Com concentrações baixas mas acima do limite de deteção (ver Anexo 10), o W, Mo e Pb encontram-se no ME, MZ, MP e MC; o Sn, Bi e In apenas se encontram no ME e MC; o Au no ME, MZ, MZP e MC; e o Cd no ME, MZ e MZP.

Para a Apy II apenas foram realizadas 2 análises no minério do tipo MC com composição média descrita por $\text{Fe}_{1,018}\text{As}_{0,894}\text{S}_{1,063}\text{Se}_{0,013}$. Como elementos traço apresenta o Se, Co e Cu com concentrações máximas de 0,915 wt%, 0,288 wt% e 0,283 wt%, respetivamente. Seguem-se com menores valores de concentração o Ni e Ag.

Nos grãos de arsenopirite da terceira geração (Apy III) obtiveram-se 9 análises nos minérios do tipo MC e MCZ cuja composição média é descrita por $\text{Fe}_{1,018}\text{As}_{0,958}\text{S}_{1,010}$ e $\text{Fe}_{1,005}\text{As}_{0,927}\text{S}_{1,026}$. Como elementos traço com concentrações mais elevadas apresenta o Cu e Co atingindo valores de 0,665 wt% e 1,355 wt%, respetivamente; e o Sb, Se, Bi e Zn, para o MCZ com concentrações máximas de 1,072 wt%, 0,649 wt%, 0,557 wt% e 0,447 wt%, respetivamente. Com menor expressão (menores valores de concentração) tem-se o Pb em ambos os minérios, o Cd no MC e o Ni, Au, Mn, Ag e In no MCZ.

Para a Apy IV foi apenas realizada uma análise, no minério do tipo MP, com concentração química de $\text{Fe}_{0,989}\text{Cu}_{0,031}\text{As}_{0,875}\text{S}_{1,011}$. Como elementos traço apresenta o Sb e Cu com concentração de 6,270 wt% e 1,192 wt%, respetivamente, seguindo-se o Zn, Pb, Co e Mo.

Ao nível dos elementos maiores (ferro e arsénio) não se verifica discriminação entre as diferentes gerações de arsenopirite nem esta se evidencia quando se comparam as diferentes tipologias de minério em que a arsenopirite foi analisada. Apesar da dispersão, é visível tendência no sentido do aumento da quantidade de cobalto na Apy I.

Esta tendência segue correlação negativa, ainda que incipiente, que reflete a mútua dependência entre o Co e Fe já que o primeiro pode substituir o Fe (Figura VI.22).

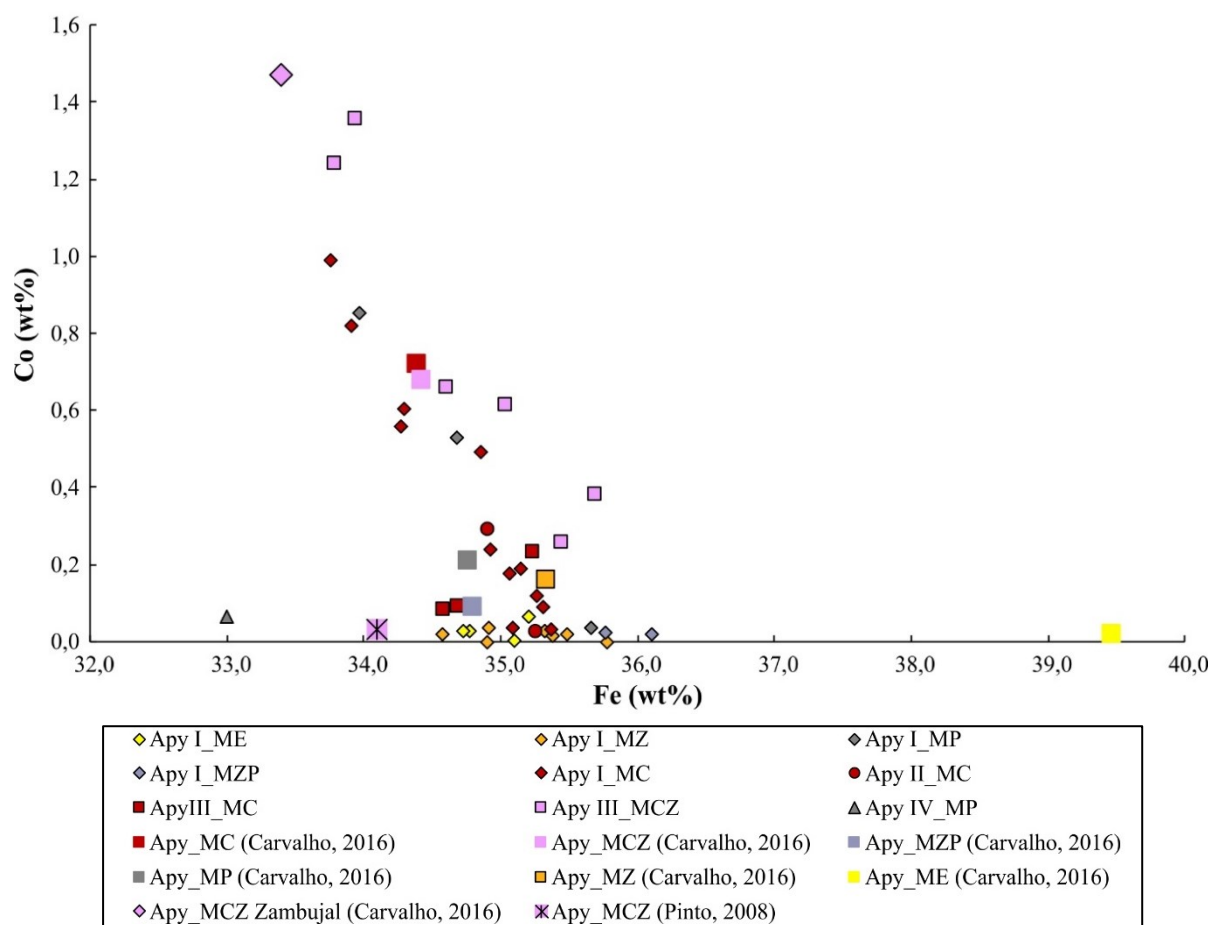


Figura VI.22 - Concentração de Fe vs Co nas várias gerações de arsenopirite, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.

Na arsenopirite, as concentrações de Se são baixas, geralmente menores que o limite de deteção (323 pp; Figura VI.23). Não obstante, alguns grãos de Apy I, II e III em minérios cupríferos (MC ou MCZ) apresentam concentrações apreciáveis deste metal.

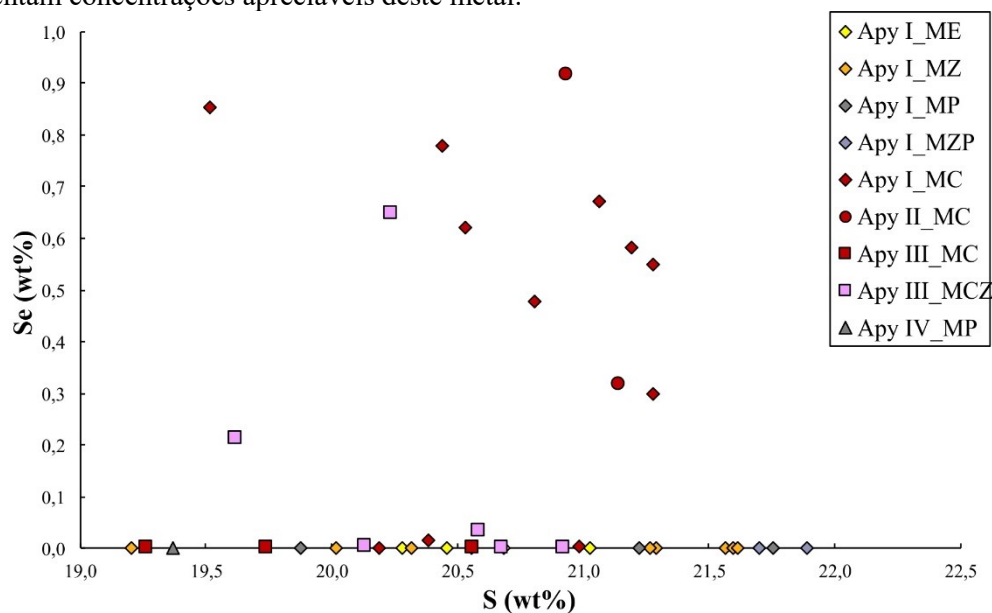


Figura VI.23 - Concentração de S vs Se nas várias gerações de arsenopirite analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.

VI.1.6.1. Danaíte

A danaíte ($\text{Fe}_{0,90}\text{Co}_{0,10}\text{AsS}$ - $\text{Fe}_{0,65}\text{Co}_{0,35}\text{AsS}$) é uma variedade de arsenopirite portadora de cobalto e o estudo de química mineral desta fase teve por base 24 análises repartidas por duas gerações: Apy-Dnt I e Apy-Dnt II.

Para a Apy-Dnt I foram realizadas 18 análises no minério do tipo MC com composição média descrita por $\text{Fe}_{0,888}\text{Co}_{0,127}\text{Cu}_{0,015}\text{As}_{0,916}\text{S}_{1,041}$. Como elementos traço presentes com maiores concentrações apresenta o Se e Cu, seguidos do Pb, Ni, Sb com concentrações máximas de 1,274 wt%, 1,036 wt%, 0,429 wt%, 0,435 wt% e 0,350 wt%, respetivamente. Com menores valores de concentração, mas acima dos respetivos limites de deteção, apresenta Zn, Au, Mn, In, Sn, Te, Cd e Mo.

Em Apy-Dnt II foram obtidas 6 análises no minério do tipo MC com composição média descrita por $\text{Fe}_{0,860}\text{Co}_{0,159}\text{As}_{0,894}\text{S}_{1,068}$. Os elementos traço presentes nestas são o Se, Cu e Ni, com concentrações que atingem os 0,790 wt%, 0,730 wt% e 0,282 wt%, respetivamente. Seguem-se, com menores valores de concentração, o W, Zn, Mo, Cd, Te, Au, Mn e Ag.

A Figura VI.24 mostra como a projeção da concentração de Co vs a razão $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{As})$ coloca em evidência a correlação negativa entre estas duas variáveis e discrimina claramente as arsenopirites e as arsenopirites da sua variedade cobaltífera danaíte.

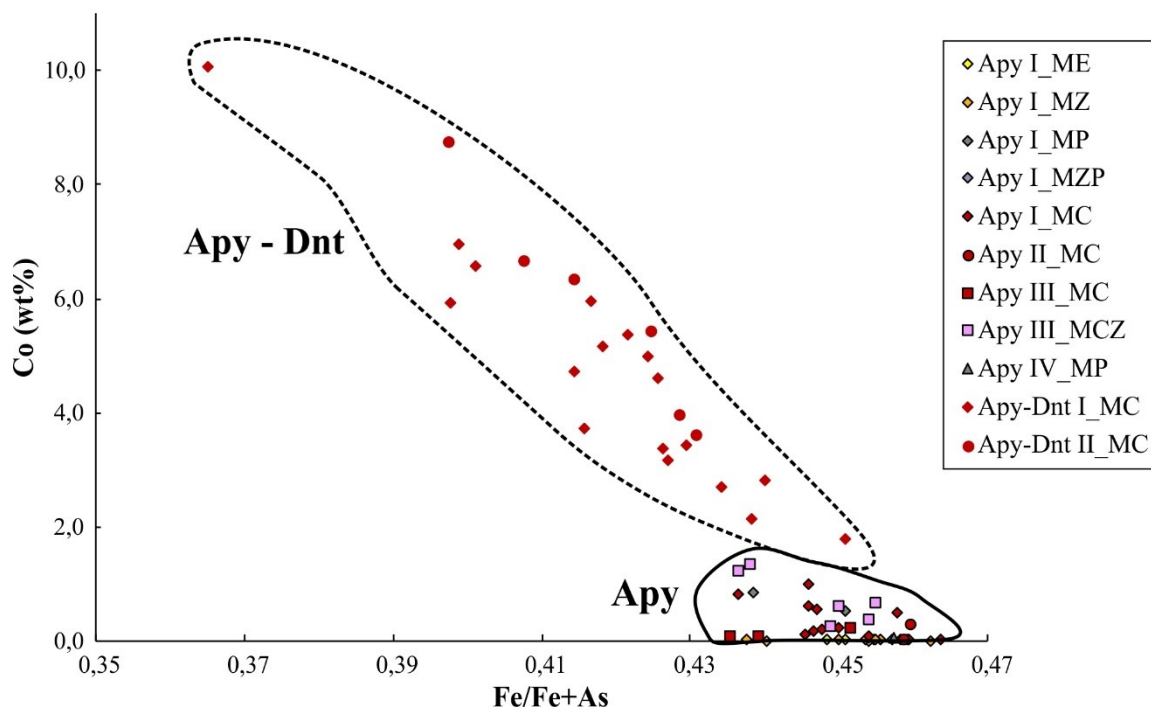


Figura VI.24 - Razão $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{As})$ vs concentração de Co, em wt%, nas arsenopirites e na variedade danaíte, discriminadas por tipologia de minério analisado.

VI.1.7. Sulfuretos portadores de estanho

Foram efetuadas várias análises, em minérios do tipo ME, MZ e MP, a sulfuretos portadores de estanho, que foram subdividas composicionalmente em três subgrupos. Estes subgrupos correspondem a aproximações aos termos estanite, kesterite e ferrokesterite. Note-se que a subdivisão kesterite-ferrokesterite foi feita face à preponderância de Zn sobre o Fe (ou vice-versa).

VI.1.7.1. Estanite

O estudo de química mineral da estanite ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$) teve por base 18 análises repartidas por 2 gerações deste mineral (Stn II e Stn_veios). O termo composicional mais próximo da estanite analisado apresenta entre 12% e 16% de molécula kesterítica.

De Stn II obtiveram-se 15 análises pontuais nos minérios do tipo MZ e MP, sendo a sua composição química média descrita por $\text{Cu}_{1,923}\text{Fe}_{0,955}\text{Zn}_{0,157}\text{Sn}_{0,970}\text{In}_{0,041}\text{S}_{3,970}\text{Te}_{0,015}$ e $\text{Cu}_{1,985}\text{Fe}_{0,925}\text{Zn}_{0,120}\text{Sn}_{0,966}\text{S}_{3,972}\text{Te}_{0,015}$, respetivamente. Para além do Zn, que apresenta concentrações máximas de 3,075 wt%, os elementos traço presente em concentrações maiores é o In, com concentração máxima de 1,505 wt%, seguido pelo Mo, Te, Pb, Ga, Se, Ag e Co, com concentrações menores mas acima do limite de deteção. No MZ foram medidas concentrações de Cd acima do limite de deteção.

Para a Stn_veios obtiveram-se 3 análises, no minério do tipo MP, com composição média descrita por $\text{Cu}_{1,961}\text{Fe}_{0,889}\text{Zn}_{0,148}\text{Sn}_{0,985}\text{S}_{3,989}\text{Te}_{0,014}$. O Zn atinge concentração máxima de 2,555 wt% e elemento traço com maior concentração é o Te com concentração máxima de 0,467 wt%. Seguem-se, com valores de concentração menores o In, Ag, Mo, Pb, Ga, Co e Mn.

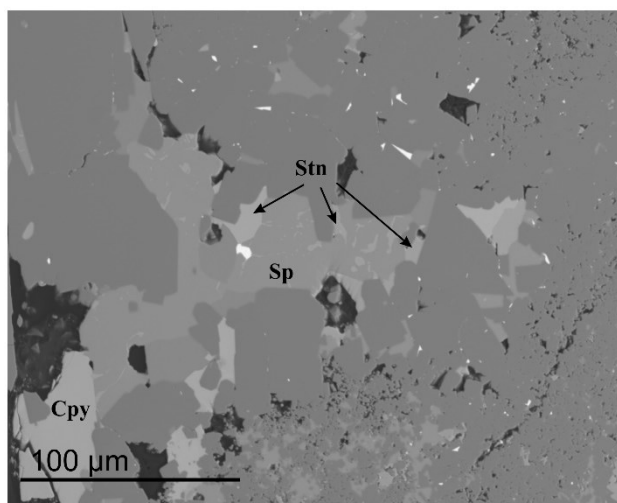


Figura VI.25 -Imagem de eletrões retrodifundidos de alta resolução, na qual é possível observar exsoluções de estanite no seio de esfalerite.

VI.1.7.2. Ferrokesterite

Apenas foi possível obter 2 análises para o termo composicional próximo da ferrokesterite ($\text{Cu}_2(\text{Fe,Zn})\text{SnS}_4$) – Fe-Kst II- no minério do tipo ME, cuja composição média é descrita por $\text{Cu}_{1,984}\text{Fe}_{0,873}\text{Zn}_{0,302}\text{Sn}_{0,908}\text{S}_{3,999}\text{Te}_{0,014}$. O Te e In são os elementos traço com concentrações máximas de 0,422 wt% e 0,137 wt%, respetivamente. Seguem-se o Mo, Ag e Ga

VI.1.7.3. Kesterite

O estudo de química mineral da kesterite ($\text{Cu}_2(\text{Zn,Fe})\text{SnS}_4$) – Kst II - teve por base 7 análises no minério do tipo MP, com composição média descrita por $\text{Cu}_{1,982}\text{Zn}_{0,763}\text{Fe}_{0,246}\text{Sn}_{0,972}\text{S}_{4,009}\text{Te}_{0,016}$. O Te e In são os elementos traço de maior expressão, com concentrações máximas de 0,546 wt% e 0,298 wt%, respectivamente. Seguem-se o Mn, Mo, Ga, Pb, S, Au, Co, Ni e Ge.

A projeção das razões $\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Sn})$ vs $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Zn})$ permitem discriminar as várias fases minerais portadoras de Sn analisadas no Zambujal (Figura VI.26). O afastamento da estanita relativamente à sua composição ideal ($\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Zn} = 1$) é devido à incorporação de Zn na estrutura.

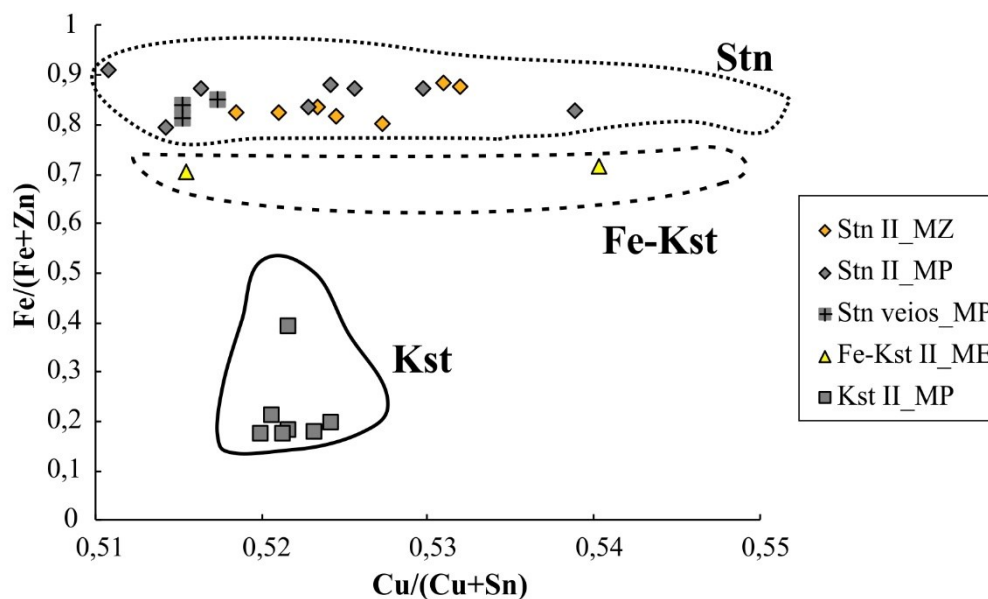


Figura VI.26 - Razão $\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Sn})$ vs $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Zn})$ nos termos composicionalmente próximos da estanita, ferrokesterite e kesterite analisadas, discriminadas por tipologia de minério..

O Te e In são os elementos traço mais abundantes nas três fases minerais analisadas. O Sn e In exibem proporcionalidade inversa, denotando controlo cristaloquímico na incorporação estrutural destes metais, nestas fases minerais. As estanites analisadas no MZ destacam-se claramente das restantes em ordem ao seu conteúdo em In (Figura VI.27).

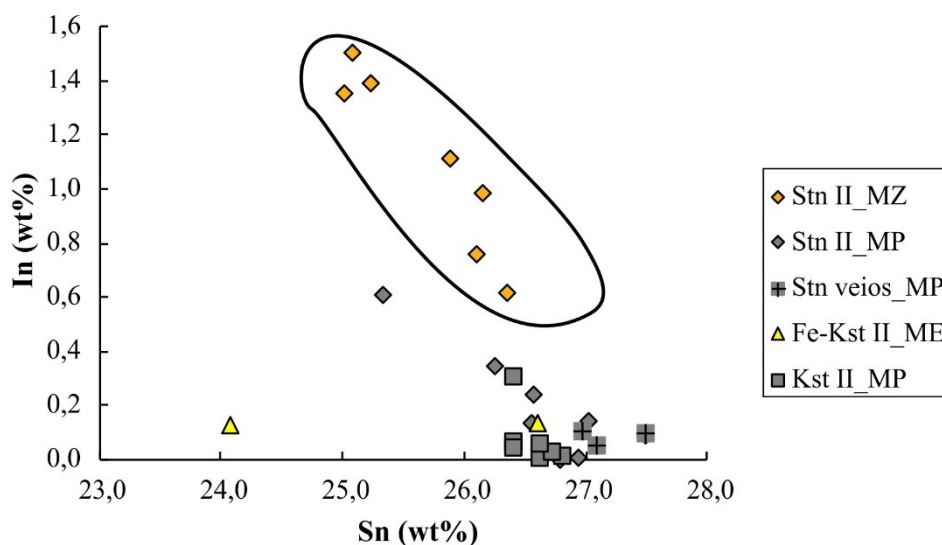


Figura VI.27 - Concentração de Sn vs In nas várias minerais sulfuretadas portadoras de estanho, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Verifica-se que as estanites presentes no MZ e algumas kesterites analisadas no MP apresentam maiores concentrações em Se do que as restantes, cujas concentrações neste elemento são frequentemente inferiores ao limite de deteção (Figura VI.28).

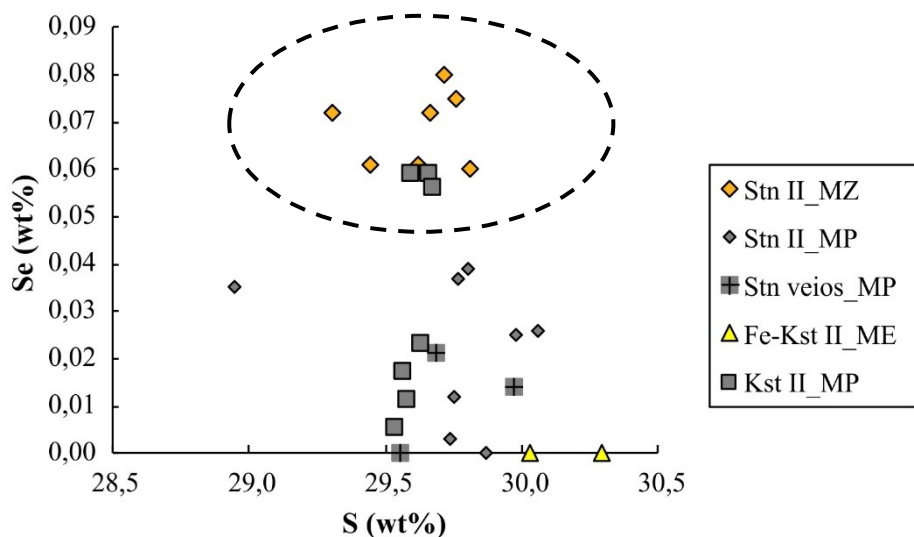


Figura VI.28 - Concentração de S vs Se nas várias fases sulfuretadas portadoras de estanho analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

VI.2. Sulfossais de As e Sb– tetraedrite – tenantite

A distinção petrográfica dos diferentes termos da solução sólida da tetraedrite-tenantite não é geralmente possível, razão pela qual estas fases minerais são frequentemente descritas em conjunto como “cobres cinzentos”. Recorrendo à microsonda eletrónica é, no entanto, possível verificar que muitas análises correspondem aos extremos composicionais, isto é, à tetraedrite e à tenantite. Nesta secção discriminam-se quimicamente estes dois *end-members*, não obstante foi mantido a numeração atribuída às diferentes gerações de “cobres cinzentos” definida com base nas relações texturas apresentadas no capítulo da caracterização petrográfica,

VI.2.1. Tetraedrite

O estudo de química mineral da tetraedrite ((Cu,Fe,Ag,Zn)₁₂Sb₄S₁₃) teve por base 40 análises repartidas por 3 gerações deste mineral (Ttr II, Ttr III, Ttr IV).

A geração Ttr II encontra-se representada por 63 análises obtidas em minérios do tipo ME, MZ, MP, MZP e MC, com composições médias descritas por:

- ME: (Cu_{9,054}Fe_{1,190}Zn_{1,071}Ag_{0,681}Mo_{0,010}) Sb_{3,932}S_{13,043}
- MZ: (Cu_{9,256}Fe_{1,225}Zn_{0,995}Ag_{0,580}Mo_{0,013}) (Sb_{3,846}As_{0,058}) S_{13,008}
- MP: (Cu_{9,127}Fe_{1,035}Zn_{1,246}Ag_{0,633}Mo_{0,014}) (Sb_{3,826}As_{0,018}) S_{13,079}
- MZP: (Cu_{8,830}Fe_{1,089}Zn_{1,188}Ag_{0,984}Mo_{0,016}) Sb_{3,880} (S_{12,980}Se_{0,010})
- MC: (Cu_{9,582}Fe_{1,127}Zn_{1,003}Ag_{0,423}Mo_{0,013}Bi_{0,035}) (Sb_{3,627}As_{0,174}) (S_{12,960}Se_{0,036})

Em todas as tipologias de minério analisadas, a tetraedrite exhibe concentrações traço de Mo e Se, com valores máximos de 0,119 wt% e 0,342 wt%, respetivamente, sendo que o Se na tetraedrite apresenta maiores concentrações no minério do tipo MC. Nos minérios do tipo MZ, MP e MC as tetraedrites apresentam concentrações de As consideráveis que podem atingir os 2,171 wt%, no MC. O Bi apenas foi medido nas tetraedrites no MC com concentração máxima de 0,573 wt%.

Seguem-se, com valores menores de concentração, o Cd (no MP e MZP), Au (no MZ e MZP), Mn (no MP e MC), Co (no MZ e MC) e Pb (no ME, MZ e MP).

Uma única análise de Ttr III, obtida no MCZ, exhibe composição média descrita por (Cu_{8,692}Fe_{1,496}Zn_{0,577}Ag_{1,218}Mo_{0,016}Ni_{0,012}) Sb_{3,972} (S_{12,893}Se_{0,120}). Nela, o Se é o elemento traço com maior expressão, seguido pelo Ni e Mo, com concentrações menores, mas cima dos respetivos limites de deteção (ver Anexo 10).

A geração Ttr IV encontra-se representada por 21 análises obtidas em tetraedrite nos minérios do tipo MP e MC, com composições médias descritas por (Cu_{8,961}Fe_{1,185}Zn_{0,809}Ag_{0,984}Mo_{0,014}) (Sb_{3,904}As_{0,014}) S_{13,115} e (Cu_{9,641}Fe_{0,701}Zn_{1,315}Ag_{0,335}Mo_{0,011}Bi_{0,038}) (Sb_{3,840}As_{0,035}) (S_{13,028}Se_{0,043}), respetivamente. O As e o Mo são os elementos traço que se encontram presentes concentrações mais elevadas em ambas as tipologias de minério analisadas, com valores máximos de 0,604 wt% e 0,117 wt%, respetivamente. No minério MC foram também medidos, na tetraedrite, o Se e Bi com concentrações máximas de 0,328 wt% e 0,650 wt%, respetivamente.

Seguem-se com menores valores de concentração o Pb, Mn, Co e Cd, no MC e MP; o Ni, Au e Ga, no MP; e o Ge no MC.

Nestes minerais, o Cu e a Ag são inversamente proporcionais (Figura VI.29). A projeção dos conteúdos das tetraedrites analisadas nestes metais permite discriminar duas populações principais. Uma que engloba as análises das várias gerações de tetraedrite realizadas no minério do tipo MC que apresentam

concentrações de Ag mais baixas e outra que engloba as análises realizadas no ME, MZ, MP, MZP e MCZ, com maiores conteúdos em Ag. É de salientar que à exceção da análise realizada no MCZ, que se afasta bastante das realizadas por Carvalho (2016) e Pinto (2008), as restantes são compagináveis com as realizadas por estes autores.

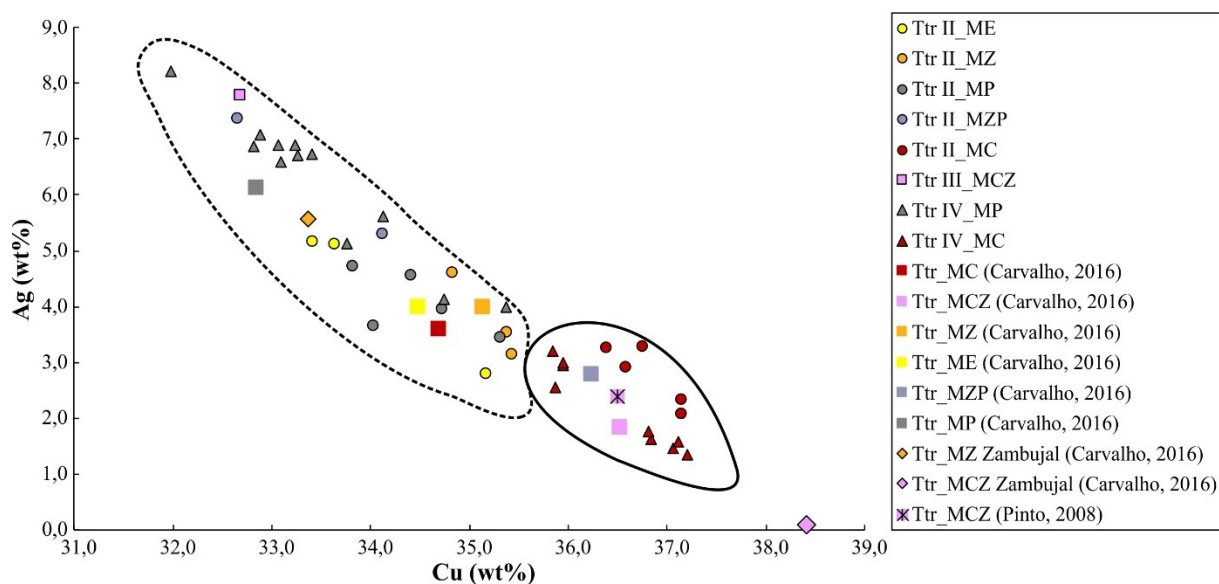


Figura VI.29 - Concentração de Cu vs Ag nas várias gerações de tetraedrite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Também no conteúdo em Fe da tetraedrite é inversamente proporcional ao Cu e, mais uma vez, foi possível definir as duas populações, numa projeção envolvente as abundâncias absolutas nestes dois metais (Figura VI.30). Os resultados para o Fe mimetizam os obtidos para a prata acima descritos.

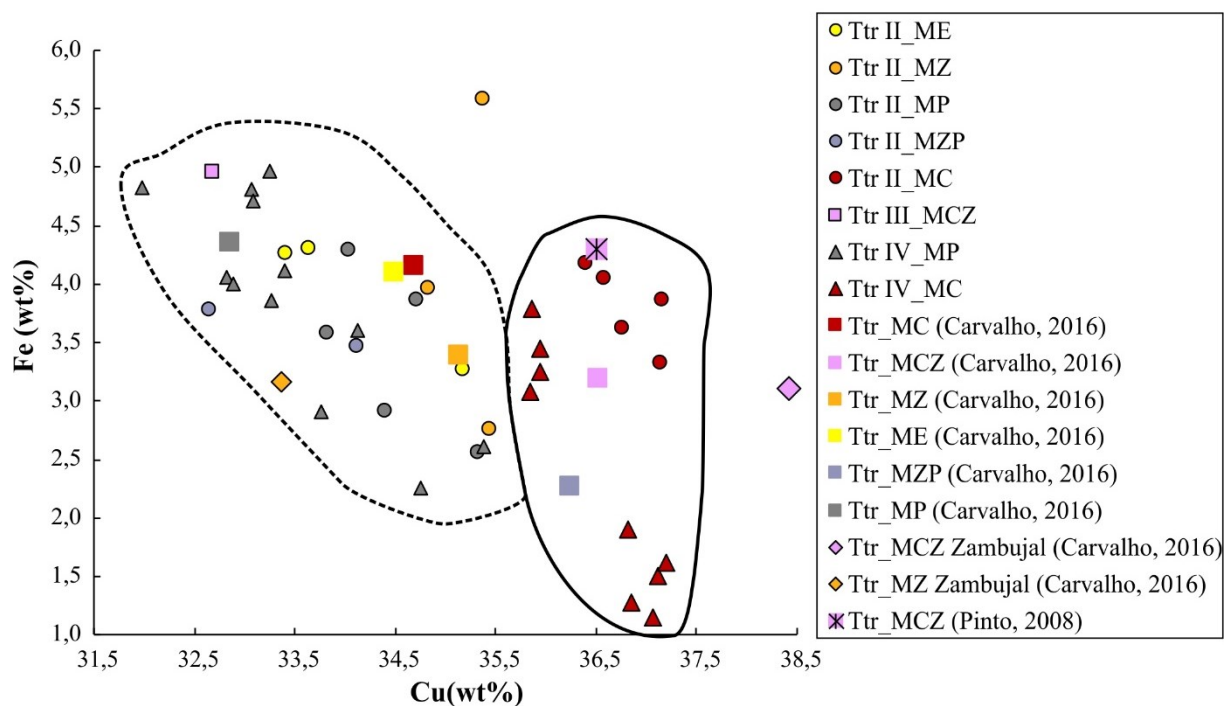


Figura VI.30 - Concentração de Cu vs Fe nas várias gerações de tetraedrite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

Projetando o Cu vs Bi é possível observar que existe tendência para a correlação positiva entre estes metais nas análises de tetraedrites realizadas no MC (Figura VI.31). Verifica-se que, nos minérios do tipo ME, MZ, MP, MZP e MCZ, os valores de Bi são relativamente constantes e apresentam-se abaixo do limite de detecção ou muito próximo dele. No MC foi onde se registaram as maiores concentrações de Bi. De forma semelhante ao que aconteceu com a Ag, à exceção da análise realizada no MCZ, que se afasta bastante das realizadas por Carvalho (2016) e Pinto (2008), as restantes são compagináveis com as realizadas por estes autores.

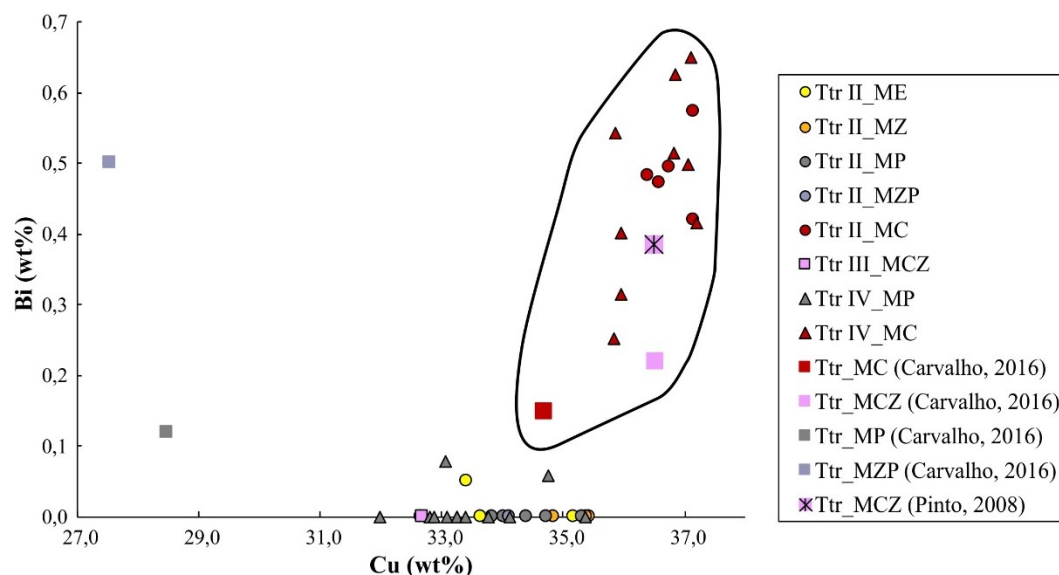


Figura VI.31 - Concentração de Cu vs Bi nas várias gerações de tetraedrites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

No que diz respeito ao Se é possível verificar que os valores se encontram na faixa de 0 a 0,1 wt% à exceção da análise de Ttr II do MCZ e algumas realizadas no MC, que apresentam valores mais elevados (Figura VI.32).

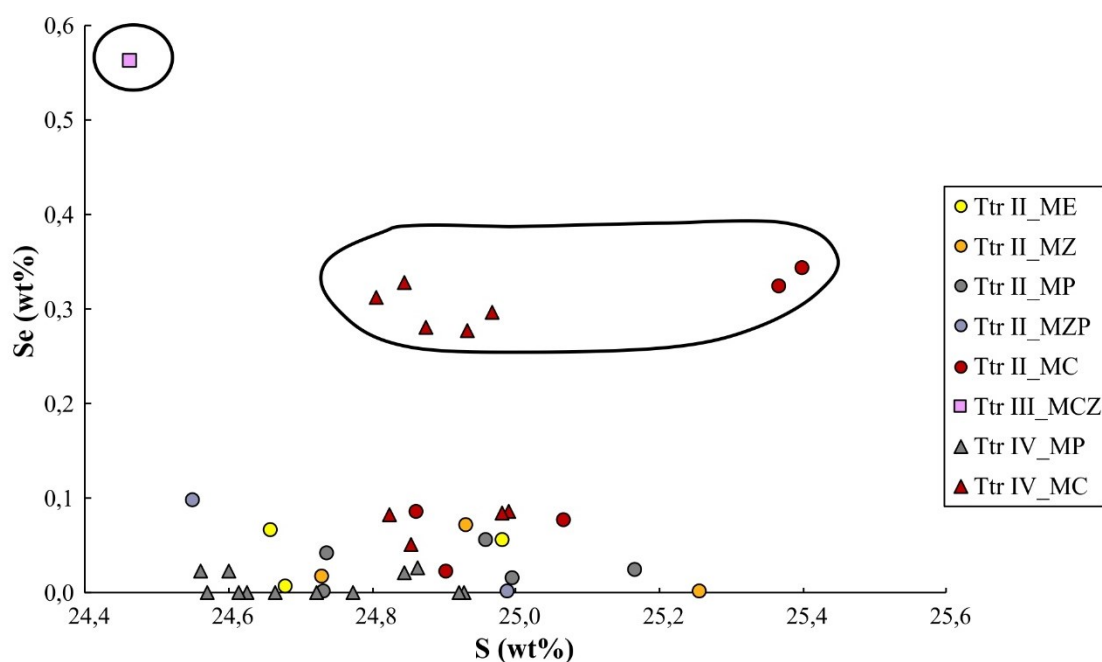


Figura VI.32 - Concentração de S vs Se nas várias gerações de tetraedrites analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.

VI.2.2. Tenantite

O estudo de química mineral da tenantite $((\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Ag}, \text{Zn})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13})$ teve por base 65 análises pontuais deste mineral, mas sempre da sua geração Tnt III. Esta foi analisada em minérios do tipo MC e MCZ e pode ser descrita pela fórmula estrutural média $(\text{Cu}_{9,916}\text{Fe}_{1,298}\text{Zn}_{0,802}) (\text{As}_{3,860}\text{Sb}_{0,024}) \text{S}_{13,072}$ e $(\text{Cu}_{10,028}\text{Fe}_{1,245}\text{Zn}_{0,836}) \text{As}_{3,811}\text{S}_{13,040}$.

O Sb, Mo e Pb são os elementos traço que apresentam maiores concentrações de 0,886 wt%, 0,120 wt% e 0,151 wt%, respetivamente, em ambas as tipologias de minério analisados. No MC também foram medidas concentrações traço em Bi com concentração máxima de 0,652 wt%. A Ag é também na tenantite, com concentrações mais importantes no minério MC até um máximo registado de 0,331 wt%.

Seguem-se, com concentrações menores, mas acima dos respetivos limites de deteção (ver Anexo 10), o Ni, Co, Mn, Au, Ge, In, Cd, Ga e Te em ambas as tipologias de minério e o Se apenas no MC.

Projetando a razão $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Zn})$ vs Cu (Figura VI.33) é possível observar dispersão ao nível dos conteúdos de Fe e Zn em ambos os tipos de minério analisados. Quanto ao Cu, verifica-se que as tenantites do MCZ apresentam conteúdo em Cu significativamente mais alto que as do MC e que as medidas no MCZ pelo Carvalho (2016) e Pinto (2008).

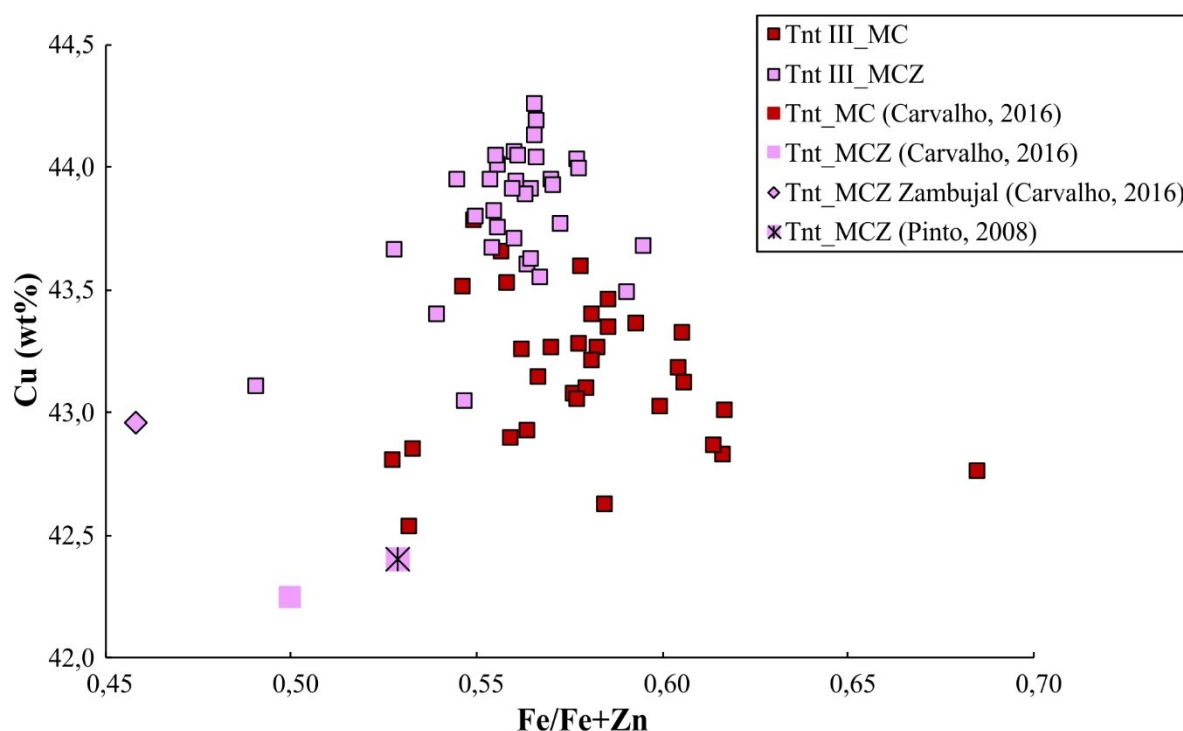


Figura VI.33 - Razão $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Zn})$ vs concentração de Cu, em wt%, nas tenantites analisadas, discriminadas por tipologia de minério.

O As tende a apresentar maiores concentrações nas tenantites analisadas no MC relativamente às do MCZ (Figura VI.34).

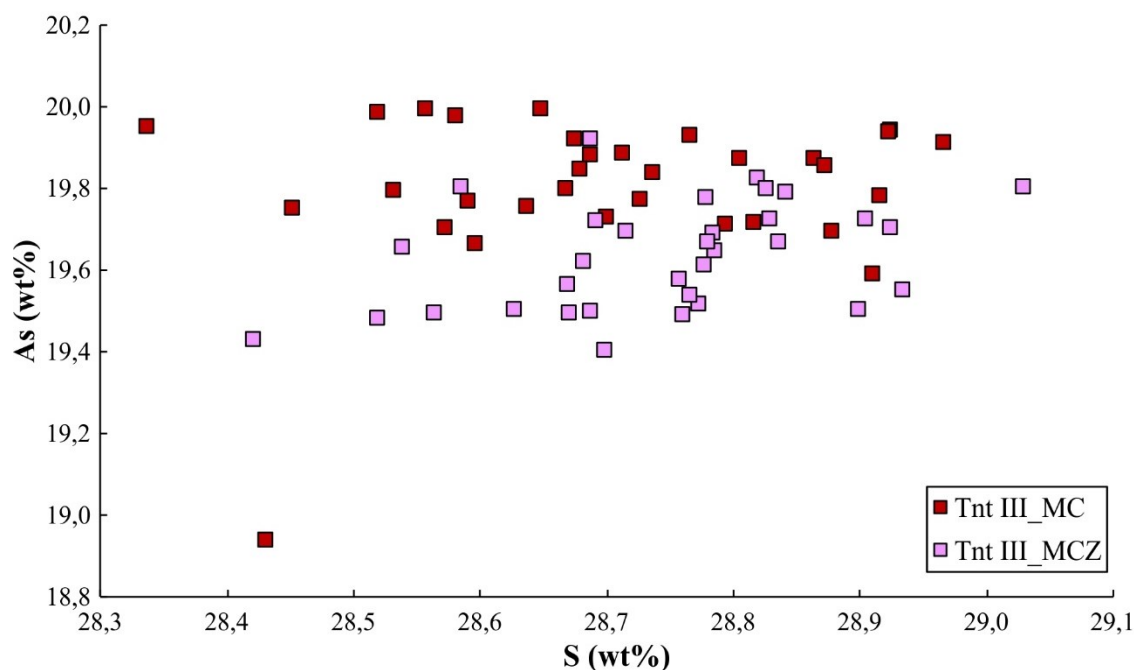
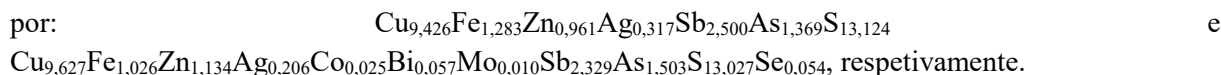


Figura VI.34 - Concentração de S vs As nas tenantites analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

VI.2.3. Tetraedrite - Tenantite

O estudo de química mineral da tetraedrite-tenantite $((\text{Cu,Fe,Ag,Zn})_{12}(\text{Sb, As})_4\text{S}_{13})$ teve por base 46 análises repartidas por 3 gerações (Ttr-Tnt II, Ttr-Tnt III, Ttr-Tnt IV).

Para a Ttr-Tnt II obtiveram-se 5 análises nos minérios do tipo MP e MC, com composição média descrita por:



Quanto aos elementos traço, os que se encontram presentes em maiores concentrações são o Bi e Se no MC, com valores máximos de 1,074 wt% e 0,293 wt%, respetivamente. Com menor expressão, isto é, com menores valores de concentração, em ambos os minérios, seguem-se o Co e Mo.

Para a Ttr-Tnt III obtiveram-se 39 análises no minério do tipo MCZ com composição média descrita por $\text{Cu}_{9,963}\text{Fe}_{1,019}\text{Zn}_{1,062}\text{Ag}_{0,020}\text{Bi}_{0,060}\text{Mo}_{0,011}\text{Sb}_{2,867}\text{As}_{0,946}\text{S}_{12,980}\text{S}_{0,055}$. O Bi e Se são elementos traço que se encontram presentes com concentrações máximas de 1,234 wt% e 0,372 wt%, respetivamente. Seguem-se, com concentrações menores, mas com valores acima dos respetivos limites de deteção (ver Anexo 10), o Mo, Co, Pb, Ga, In, Mn, Cd, Ge, Au e Ni.

Para a Ttr-Tnt IV apenas foi possível obter 2 análises no MP com composição média descrita por $\text{Cu}_{9,560}\text{Fe}_{1,306}\text{Zn}_{0,678}\text{Ag}_{0,405}\text{Mo}_{0,011}\text{Sb}_{2,539}\text{As}_{1,272}\text{S}_{13,217}$. Quanto aos elementos traço, encontra-se o Au e Mo.

De forma semelhante à projeção de Cu vs Ag nas tetraedrites, é possível discriminar genericamente duas famílias. Uma engloba as análises de MCZ com baixas concentrações em Ag e altas em Cu; e outra as análises realizadas no MP e MC com concentrações mais elevadas em Ag e baixas em Cu (Figura VI.35). As análises do MC apresentam concentrações mais intermédias, mas mais próximas do MP.

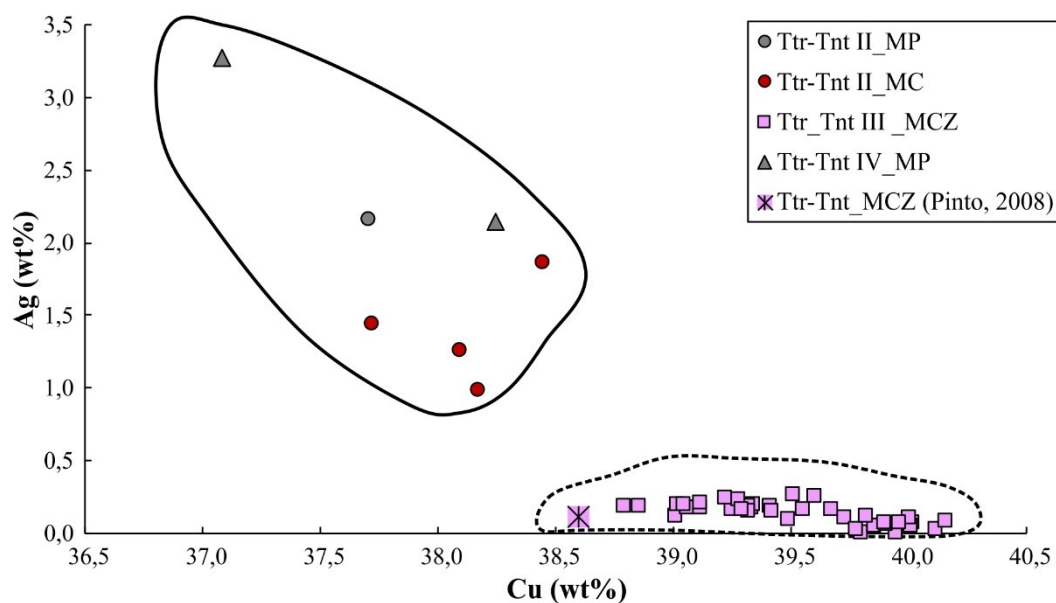


Figura VI.35 - Concentração de Cu vs Ag nas várias gerações de tetraedrite-tenantite analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisado, em wt%.

É possível discriminar também as mesmas duas famílias no que diz respeito ao As e Sb. As análises de tetraedrite-tenantite do MCZ apresentam valores em antimónio mais elevados relativamente às restantes (Figura VI.36). É de notar, como seria de esperar, a correlação negativa entre o As e o Sb.

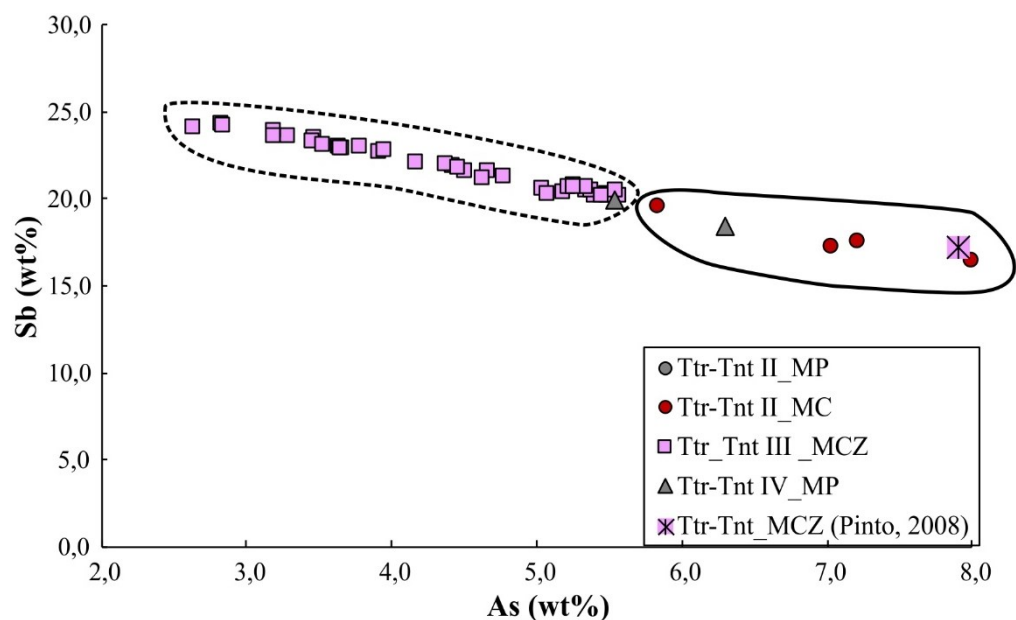


Figura VI.36 - Concentração de As vs Sb nas várias gerações de tetraedrite-tenantite analisadas, discriminadas por tipologia de minério, em wt%.

A nível dos elementos traço, verifica-se que as análises de tetraedrites-tenantites do MP apresentam concentrações em Bi abaixo do limite de deteção, ao contrário das dos minérios MC e MCZ (Figura VI.37). As do MCZ apresentam tendência para apresentar maiores valores que as do MC.

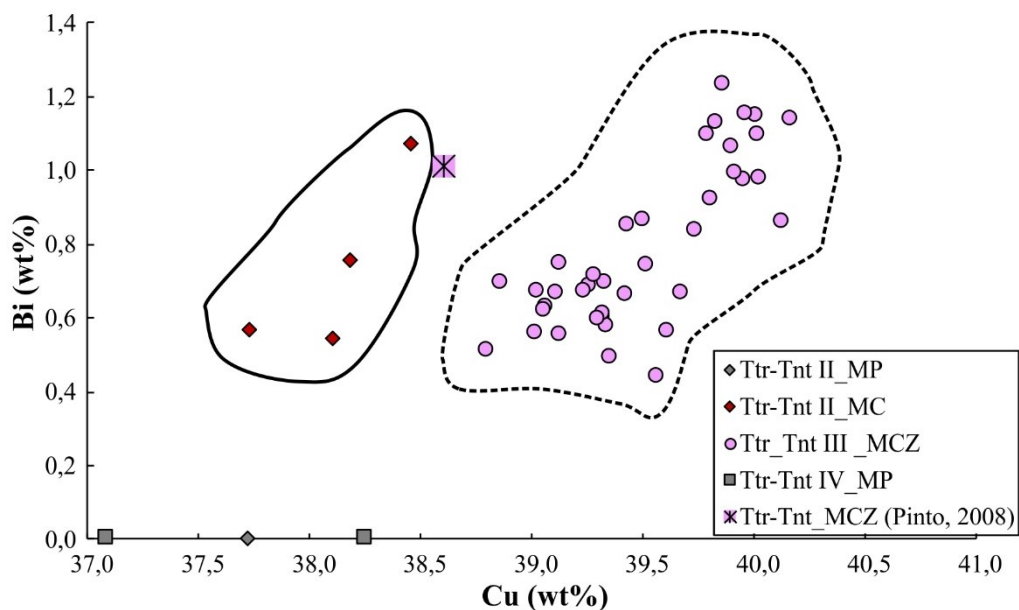


Figura VI.37 - Concentração e Cu vs Bi nas várias gerações de tetraedrites-tenantites analisadas, discriminadas por tipologia de minério analisadas, em wt%.

Todas análises efetuadas em tenantites, tetraedrites e tetraedrites-tenantites foram discriminadas recorrendo à projeção das razões $As/As+Sb$ vs $Ag/Ag+Cu$ (Figura VI.38). As tenantites apresentam maior conteúdo em Ag relativamente à tetraedrite.

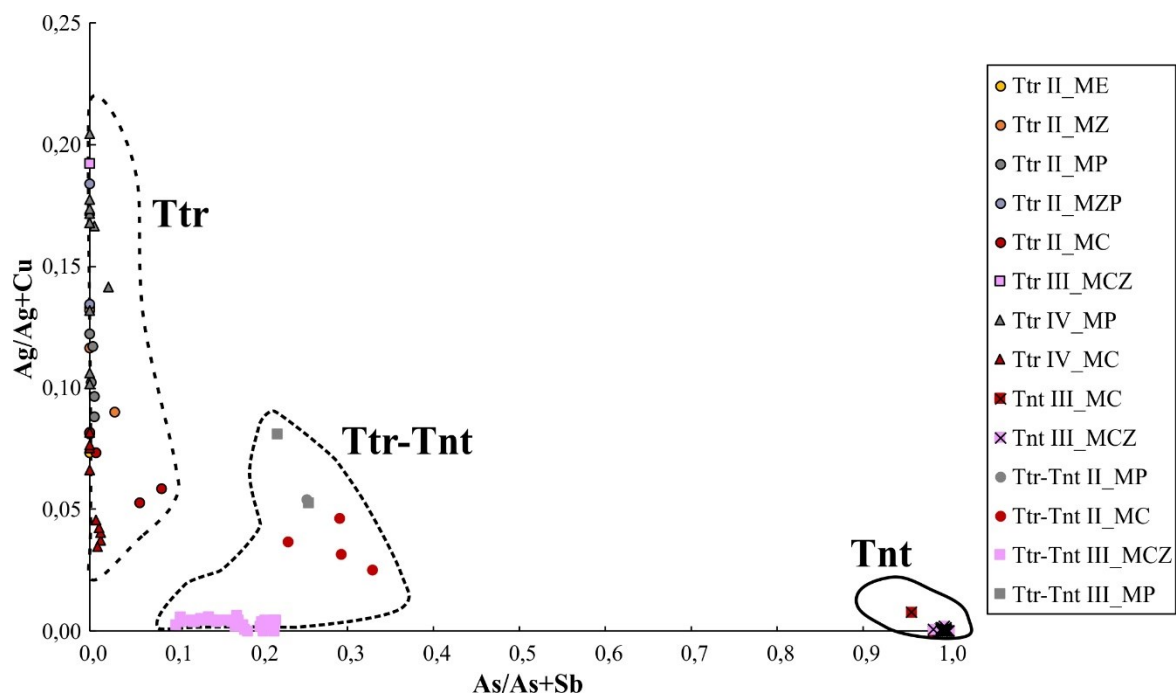


Figura VI.38 - Razão $As/As+Sb$ vs $Ag/Ag+Cu$ de todas as análises efetuadas de tetraedrites, tenantites e tetraedrites-tenantites, discriminadas por tipologia de minério.

Relativamente ao índio é possível observar que existe tendência para as tetraedrite-tenantites, em particular as do MCZ, e as tenantites incorporem maiores conteúdos em In relativamente às tetraedrites, pese embora a maioria das análises estejam abaixo do limite de deteção (0,04 wt%)

VI.3. Selenetos de Bi-Pb

Para esta fase mineral foram obtidas 3 análises no minério do tipo MC. Não foi possível atribuir a estas análises composicionais nenhuma designação mineral, dado não cumprir as condições estequiométricas e de carga das fases minerais mais comuns e/ou abundantes. No entanto verificou-se que a composição se encontra próxima da babkinite.

Apresenta razões Pb/Bi entre 0,48 e 0,60 e como elementos traço apresenta o Fe, Cu e Ag com concentrações máximas de 1,644 wt%, 0,364 wt% e 0,825 wt%, respetivamente. Seguem-se com menor expressão o Sb, Co e Ge.

VI.4. Cobaltite ferrífera

Foi possível obter apenas uma análise de cobaltite rica em ferro ((Co,Fe)AsS) no minério do tipo MCZ com composição $\text{Co}_{0,891}\text{Fe}_{0,123}\text{As}_{0,873}\text{S}_{1,105}$. Como elementos traço apresenta Cu, Ni e Cd com concentração de 0,143 wt%, 0,084 wt% e 0,034 wt%, respetivamente.

VI.5. Cassiterite

A cassiterite (SnO_2 ; Figura VI.39) presente nas amostras apresenta grão muito fino, o que dificultou a aquisição de análises pontuais. No total foram aproveitadas apenas 9 análises, mas que se encontram ainda assim “contaminadas” com elementos envolventes a estes grãos, como o S e Zn. Por essa razão as análises de cassiterite apresentadas no Anexo 10 devem ser tomadas como aproximações semi-quantitativas à sua composição.

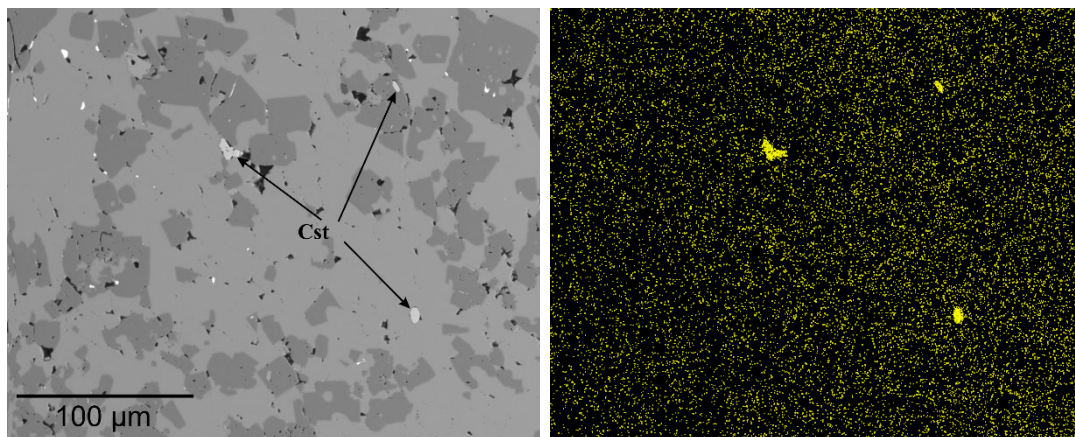


Figura VI.39 - Imagens composicionais de grãos de cassiterite (A) Imagem de microscopia eletrônica de elétrons retrodifundidos de alta resolução; (B) mapa composicional do Sn.

VI.6. Clorite

A fórmula geral do grupo das clorites é dada por $[\text{R}^{2+}, \text{R}^{3+}]_{12}[\text{Si}_{8-x}\text{R}_x^{3+}]_4(\text{OH})_{16}$, onde $\text{R}^{2+} = \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ni}, \text{Zn}$; $\text{R}^{3+} = \text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr}$; e, x (geralmente) $\sim 1-3$ (Deer *et al.*, 2010).

Relativamente a esta fase mineral obtiveram-se 15 análises pontuais que remetem quer para as neoformações de clorites no seio dos carbonatos (Chl), quer para a clorites presente na associação de preenchimento de veios (Chl_veio). Estas apresentam composição média descrita por:

- Chl – $[(\text{Mg}_{2,403}\text{Fe}_{6,494}\text{Mn}_{0,020}), (\text{Al}_{2,888}\text{Cr}_{0,04})]_{\Sigma=11,845}[\text{Si}_{5,348}\text{Al}_{2,652}]_{\Sigma=8,000}(\text{OH})_{16}$
- Chl_veio – $[(\text{Mg}_{2,498}\text{Fe}_{6,517}\text{Mn}_{0,021}), (\text{Al}_{2,772}\text{Cr}_{0,093})]_{\Sigma=11,901}[\text{Si}_{5,303}\text{Al}_{2,697}]_{\Sigma=8,000}(\text{OH})_{16}$

No diagrama de classificação composicional Si contra $\text{R}^{2+} = \Sigma \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{Zn}$ (Figura VI.40 - Projeção do total de catiões na posição octaédrica R^{2+} (vi) vs Si (iv) para a totalidade de análises em clorite, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016). Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: sudoite $[(\text{Mg}_2\text{Al}_3)(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_4]$, amesite $[(\text{Mg}_4\text{Al}_2)(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$, clinocloro – chamosite $[(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Al}](\text{Si}_3\text{AlO}_{10})\text{OH}_8$, lizardite $[\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$. Figura VI.40), as clorites analisadas projetam-se entre o clinocloro – chamosite e a amesite.

Comparando com as análises realizadas por Carvalho (2016) e Relvas (2000) em clorites do *stockwork* do Lombador e Corvo, respetivamente, é possível afirmar que, sendo no essencial semelhantes, as clorites analisadas no Zambujal tendem para composições um pouco mais magnesianas (amesíticas) e menos ferríferas (Figura VI.40; Figura VI.41). Tendencialmente, as clorites dos veios apresentam menor concentração em Si na posição tetraédrica e menores valores de Fe (Figura VI.41).

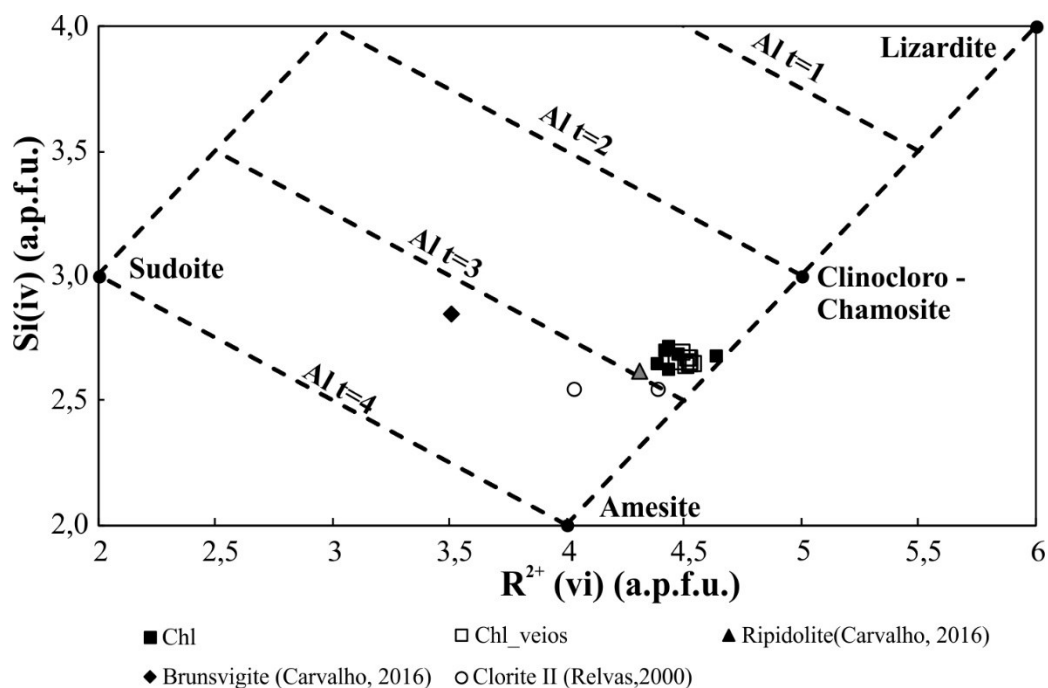


Figura VI.40 - Projeção do total de catiões na posição octaédrica R^{2+} (vi) vs $Si(IV)$ para a totalidade de análises em clorite, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016). Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: sudoite $[(Mg_2Al_3)(AlSi_3)O_{10}(OH)_4]$, amesite $[(Mg_4Al_2)(Al_2Si_2)O_{10}(OH)_8]$, clinoclora - chamosite $[(Mg,Fe^{2+})_5Al](Si_3AlO_{10})OH_8]$, lizardite $[Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8]$.

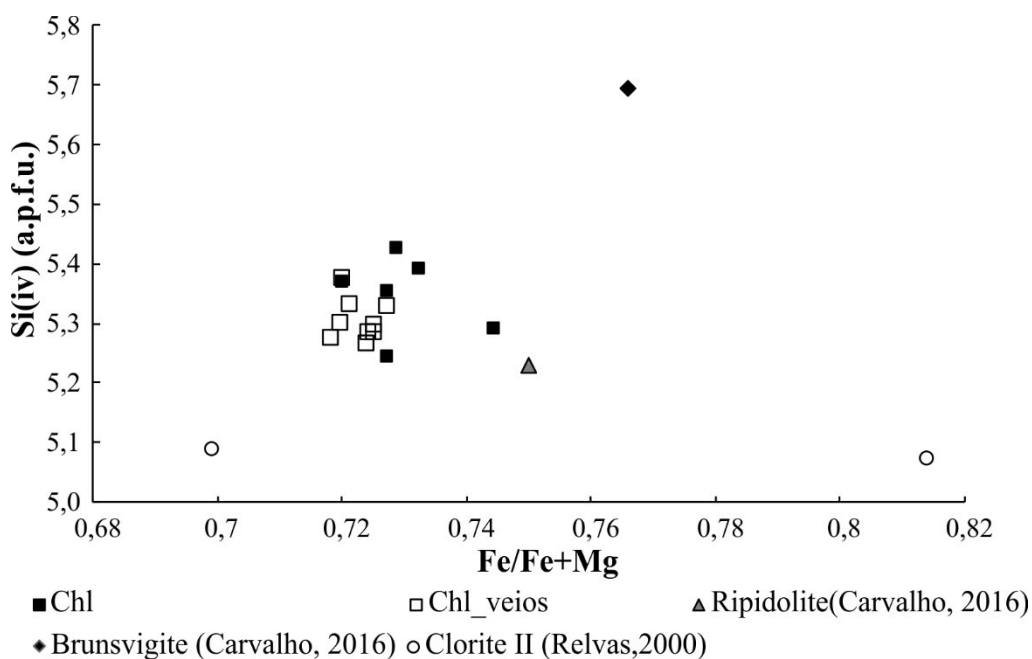


Figura VI.41 - Projeção da razão $Fe/(Fe+Mg)$ vs $Si(IV)$ para a totalidade de análises de clorite, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016)..

As clorites do Zambujal também são distinguíveis das do Corvo e Lombador por possuírem menor quantidade de Al octaédrico (Figura VI.42). É ainda possível observar que as clorites de neoformação apresentam menor conteúdo em Al octaédrico que as clorites de alteração analisadas nos metapelitos com contribuição vulcânica.

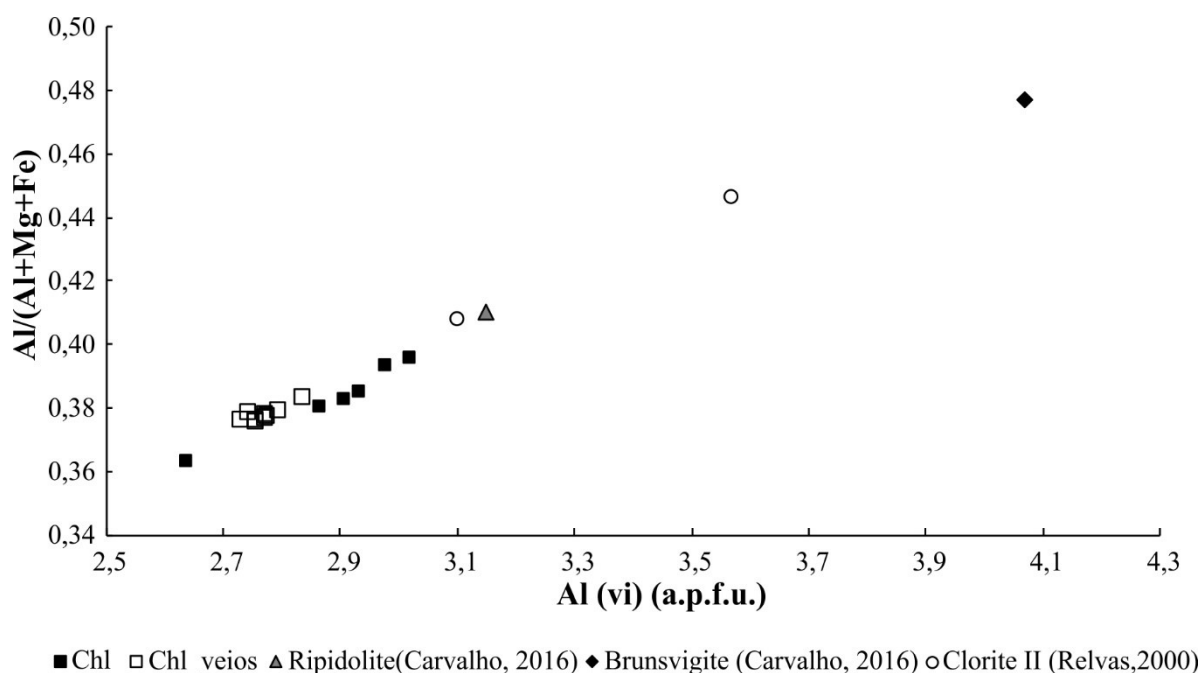


Figura VI.42 - Projeção do Al (vi) vs razão Al/(Al+Mg+Fe) para a totalidade de clorites analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).

VI.7. Micas potássicas dioctaédricas

A fórmula geral do grupo das micas potássicas dioctaédricas é dada por $X_2Y_{4-6}Z_8O_{20}(OH,F)_4$, onde X = K, Na ou Ca mas também pode ser Ba, Rb, Cs; Y = Al, Mg ou Fe ou Mn, Cr, Ti, Li; e, Z = Si ou Al mas provavelmente também Fe^{3+} e Ti (Deer *et al.*, 2010).

Para esta fase mineral obtiveram-se 12 análises pontuais distinguidas entre as micas presentes na associação do veio (Ser_veio; 1 análise) e as micas de alteração presentes no metapelito com contribuição vulcânica (Ser; 11 análises). Estas duas gerações apresentam composição média descrita por:

- Ser_veio: $(K_{1,117}Na_{0,156}Ca_{0,012})_{\Sigma=1,286} (Al_{3,767}Mg_{0,194}Fe_{0,154}Cr_{0,075})_{\Sigma=4,190} (Si_{6,477}Al_{1,523})_{\Sigma=8}$
- Ser: $(K_{1,377}Na_{0,040}Ca_{0,023})_{\Sigma=1,440} (Al_{3,675}Mg_{0,183}Fe_{0,086}Cr_{0,160})_{\Sigma=4,104} (Si_{6,470}Al_{1,530})_{\Sigma=8}$

Em ambas foram medidas quantidades traço de Ba e Cr e nas Ser foi ainda medido Ni e Ti.

As micas analisadas, em especial as do metapelito, apresentam intercrescimentos com óxidos de Ti, V e Cr, como é possível observar na Figura VI.43.

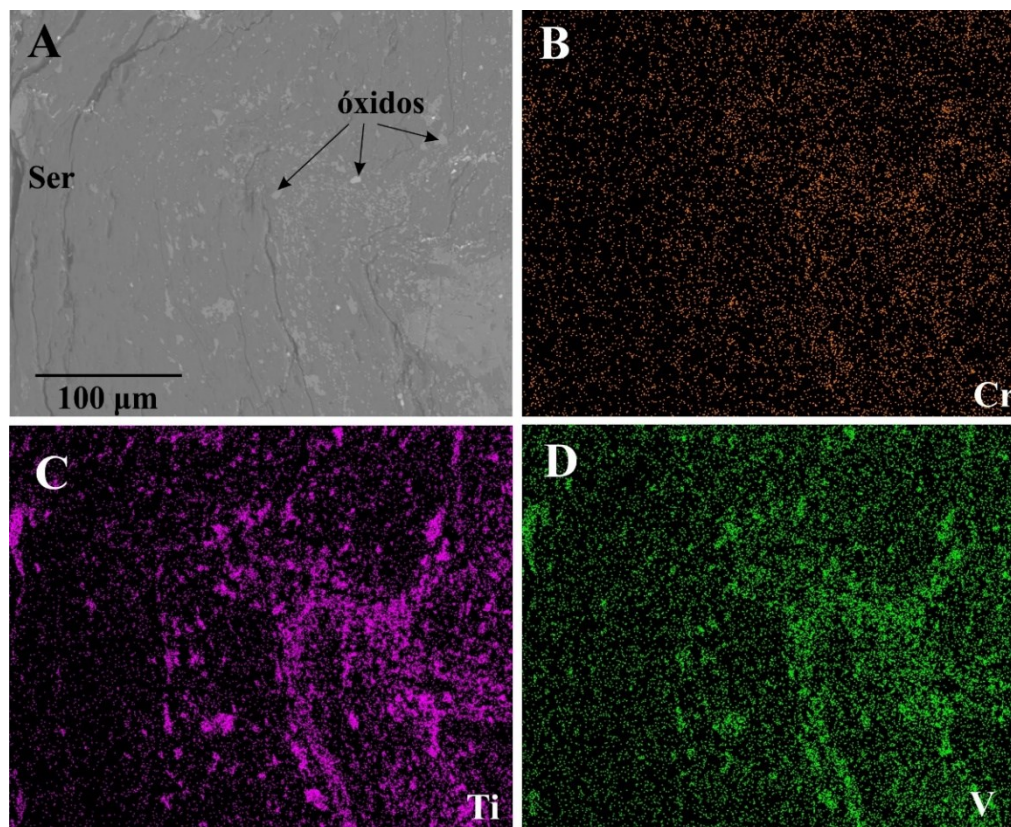


Figura VI.43 - Imagens composicionais de grãos de micas intercrescida com óxidos (A) Imagem de elétrons retrodifundidos de alta resolução; (B), (C) e (D) mapas dos elementos Cr, Ti e V, respetivamente.

Projetando a Si (iv) vs Fe+Mg (vi) verifica-se que, com uma exceção apenas, as micas analisadas se projetam próximas da linha ideal Ms-Ph, com desvio no sentido íltico (Figura VI.44).

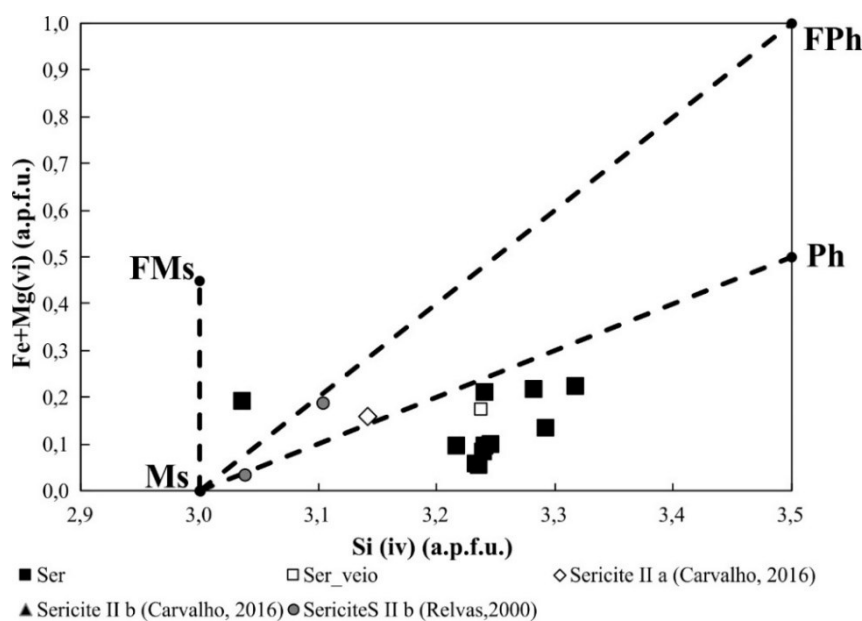


Figura VI.44 - Projeção Si (iv) vs Fe+Mg (vi) nas micas analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016). Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: moscovite (Ms) $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$, fengite (Ph) $K(Al_{1,5}R_{0,5}^{2+})(Si_{3,5}Al_{0,5})O_{10}(OH,F)_2$, leucofilita (Lc) $K(MgAl)Si_4O_{10}(OH,F)_2$ e ferri-fengite (FPh) $K(Mg_{0,5}Fe_{0,5}^{2+})AlFe^{3+}(Si_{3,5}Al_{0,5})O_{10}(OH,F)_2$.

Projetando os valores R^{3+} vs $Fe+Mg+Mn+Ti+(Si-3)$ podemos verificar os desvios composicionais das micas potássicas dioctaédricas relativamente ao termo ideal e no sentido das micas potássicas trioctaédricas (Figura VI.45).

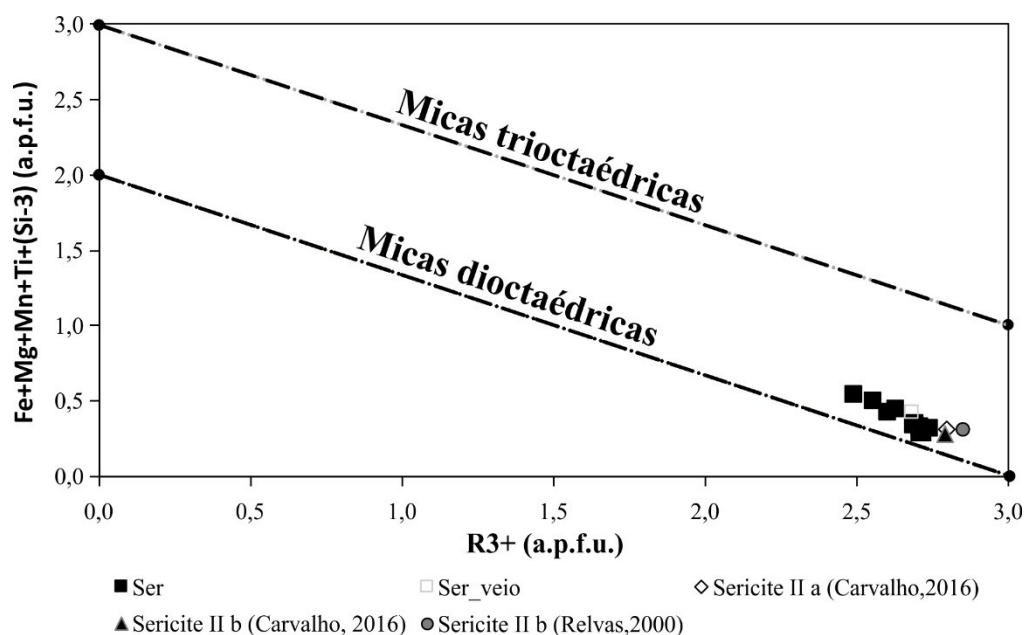


Figura VI.45 - Projeção dos conteúdos catiónicos por unidade de fórmula expressos pela relação R^{3+} vs $Fe + Mg + Mn + Ti + (Si - 3)$ mostrando os desvios da composição ideal das micas dioctaédricas para trioctaédricas para as micas

O Cr é um elemento traço que apresenta bastante expressão em todas as análises efetuadas para as micas. Projetando contra o Fe verifica-se que estes dois metais são inversamente proporcionais (Figura VI.46). As análises afastam-se consideravelmente das efetuadas para o Corvo e Lombador.

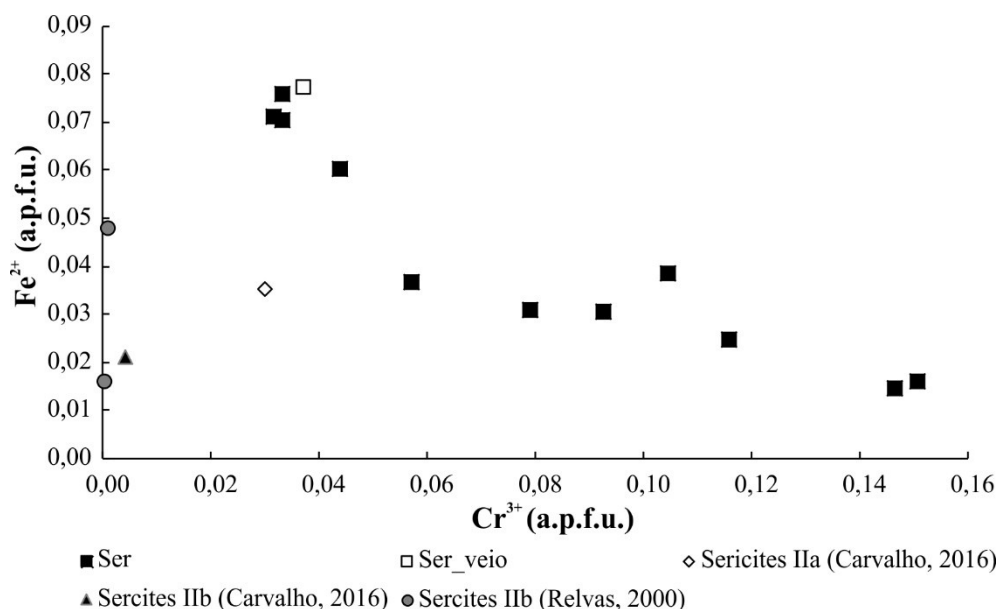


Figura VI.46 - Projeção dos conteúdos catiónicos por unidade de fórmula de Cr^{3+} vs Fe^{2+} para as micas analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).

Na Figura VI.47 é possível observar que as análises realizadas nas micas do Zambujal apresentam menores conteúdos de Al octaédrico, devido à presença de outros catiões trivalentes (R^{3+}), e menores conteúdos em Na.

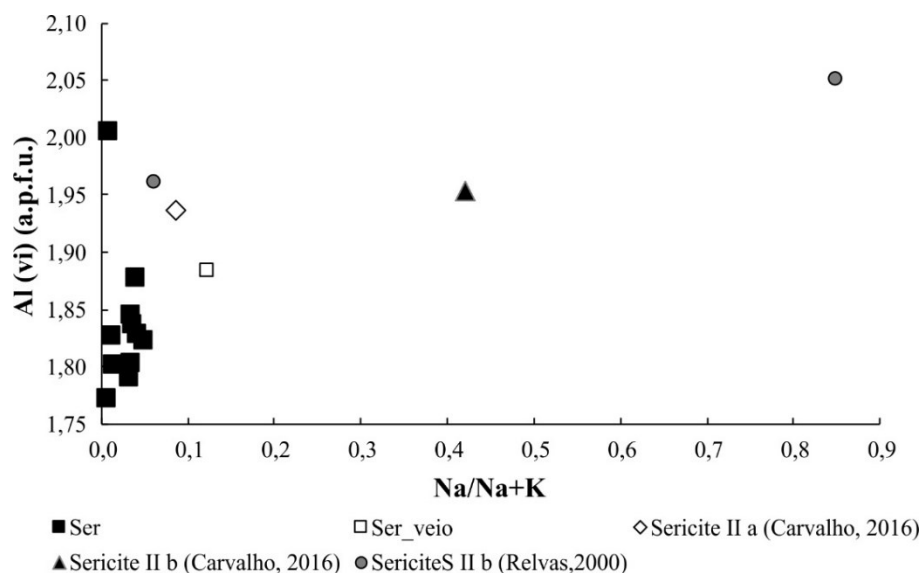


Figura VI.47 - Projeção dos conteúdos catiónicos por unidade de fórmula de $Na/(Na+K)$ vs $Al(vi)$ para as micas analisadas, incluindo quatro análises representativas de Relvas (2000) e Carvalho (2016).

VI.8. Siderite-Sideroplesite

O estudo de química mineral da siderite ($FeCO_3$) teve por base 23 análises pontuais distinguidas entre os carbonatos exalativos (Sd1) e os carbonatos intercrescidos com os sulfuretos (Sd2). Estes apresentam composições médias descritas por: Sd1: $Fe_{0,735}Mg_{0,190}CO_3$ e Sd2: $Fe_{0,739}Mg_{0,213}CO_3$. Os principais elementos traço são o Ca, Mg, Mn e Ti (apenas nos Cb2).

Através da projeção num sistema ternário $MgCO_3$ - $MnCO_3$ - $FeCO_3$ (Figura VI.48) é possível observar que os carbonatos analisados correspondem a siderites-sideroplesites, comparáveis com as siderites analisadas por Relvas (2000) no *stockwork* do Corvo.

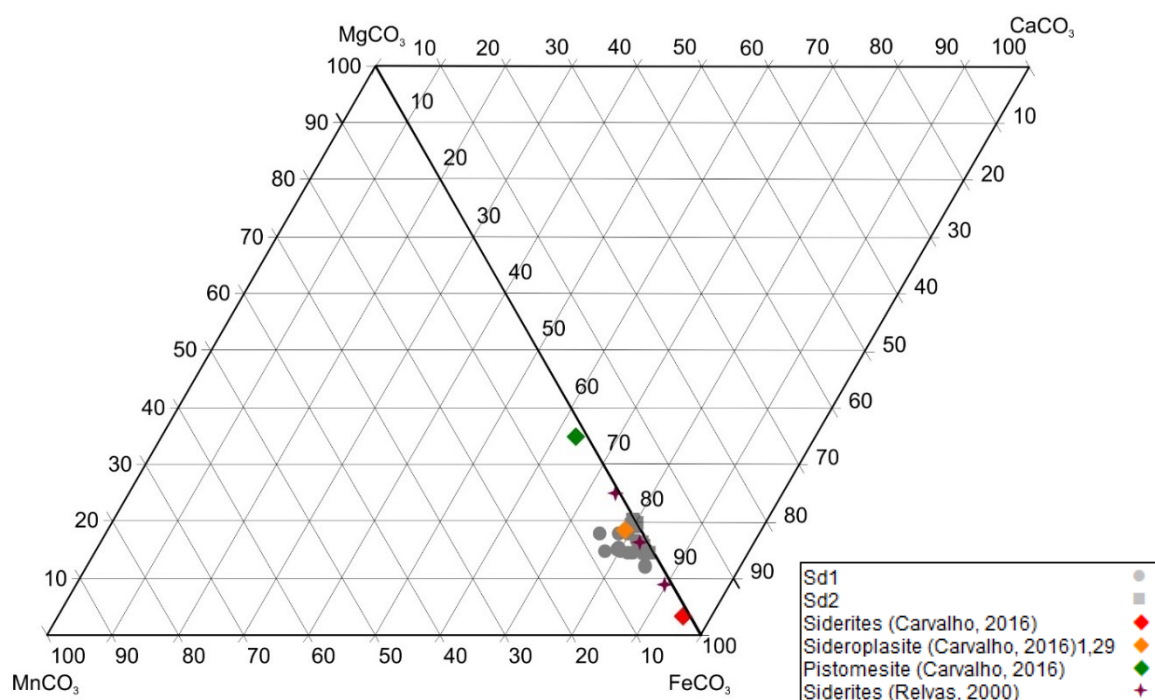


Figura VI.48 - Projeção da totalidade de análises efetuadas em no sistema ternário $MgCO_3$ - $MnCO_3$ - $FeCO_3$.

VII. Geoquímica da massa do Zambujal: distribuição e correlações intermetálicas

Dos depósitos em exploração no jazigo de Neves-Corvo, o Zambujal é o mais pequeno em volume e em tonelagem. Esta massa contém dois tipos de mineralizações - maciço e fissural - que de acordo com os seus teores de Cu, Zn e Pb são categorizados, conforme anteriormente referido, nas várias tipologias de minério conhecidas na mina: MCZ, MZP, MC, MZ, MP, ME, FC, FZ e FE. Os recursos totais de cada tipologia de minério e respetivos teores médios encontram-se no anexo 1 (Somincor-Lundin Mining 2018). No Zambujal, em volume, os minérios fissurais, em especial o cuprífero, são ligeiramente mais importantes que os maciços, representando cada um cerca de 54,6% e 45,4% do total, respetivamente. Os minérios do tipo ME e o MZ são os predominantes representando cerca de 24,5% e 10,8%, respetivamente, seguindo-se o MC, MZP, MCZ e MP com 4,4%, 3,0%, 1,9% e 0,8%, respetivamente. Os teores em Cu e Zn nos minérios MCZ do Zambujal são comparativamente mais elevados e semelhantes aos do Corvo e, no contexto do jazigo, é a massa que apresenta maiores concentrações em Se (Pinto *et al.*, 2014; Carvalho, 2016).

À escala da massa é possível observar a zonalidade metalífera, característica de depósitos de sulfuretos maciços (*e.g* Large, 1977; Sáez *et al.*, 1996), materializada pela distribuição espacial das várias tipologias de minério: em geral, os minérios de zinco e zinco-chumbo encontram-se em zonas mais periféricas relativamente aos minérios cupríferos e cupro-zincíferos. Relativamente aos minérios fissurais, que materializam a zona superior do *stockwork* de alimentação, verifica-se que o minério do tipo FZ, embora irrelevante em volume, se encontra na zona mais a muro da lenticula de minério maciço, seguido pelo FC e pelo FE. As imagens que ilustram a distribuição espacial das várias tipologias de minério maciço e fissural na massa do Zambujal encontram-se nos anexos 13 e 14, respetivamente. Apesar, de à escala da massa, a zonalidade metalífera primária seja reconhecível, esta encontra-se muitas vezes perturbada devido a processos tectono-metamórficos responsáveis pela remobilização de metais e por fenómenos de enriquecimento secundário. Estes processos materializam-se sobretudo de três formas (a) domínios secundários de enriquecimento em Cu e Cu-Zn; (b) domínios de minério sobreessados devido a empilhamento tectónico por via de cavalgamentos; e (c) minério fissural tectonicamente transposto para teto da lenticula de minério (minério do tipo *rubané*).

A análise de plantas e perfis transversais na massa permite colocar em evidência a variabilidade lateral e vertical de teores, especialmente nos metais base (Cu, Zn, Pb) ao longo da massa, bem como da geometria da distribuição das várias tipologias de minério. Os domínios com teores mais elevados em Zn encontram-se na zona sul, ao passo que os mais ricos em Cu se situam na zona central, frequentemente intercalados com zonas piriticas (ME). Com base em informação de sondagens e cartografia de fundo de mina, torna-se evidente o dobramento de toda a estrutura que, para sul, se torna cada vez mais apertado resultando no rompimento e cavalgamento do flanco NE. É possível delinear vários acidentes tectónicos importantes (cavalgamentos) ao longo de toda a extensão da massa e constatar a relevância da atividade tectónica na geometria do Zambujal.

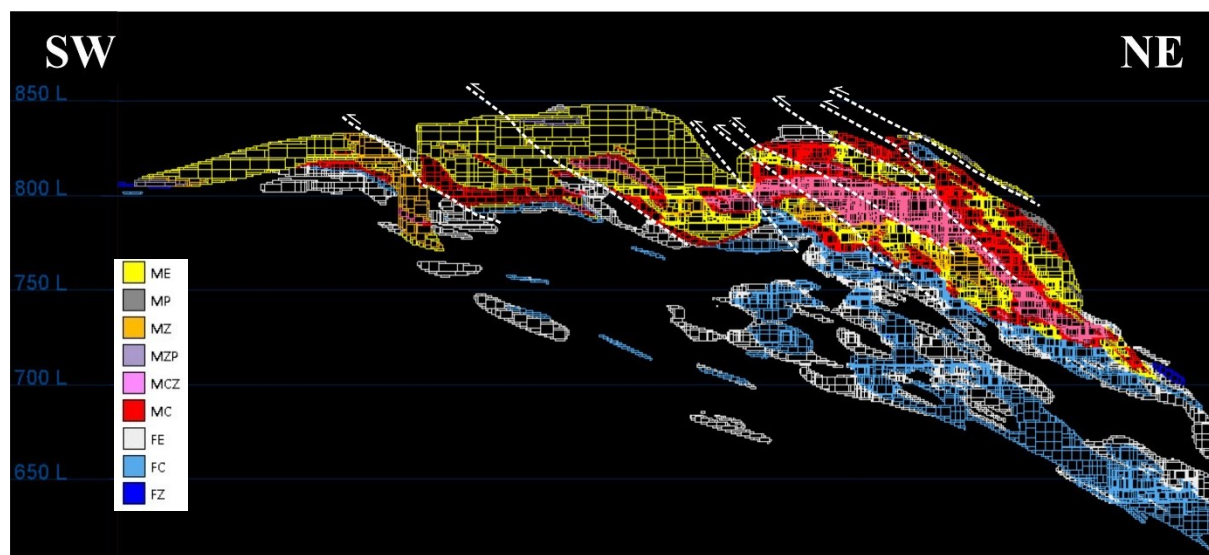


Figura VII.1 - Corte da massa do Zambujal, no perfil 18,5, com os principais acidentes tectónicos assinalados.

VII.1. Correlações intermetálicas e distribuição de metais no Zambujal

A distribuição e correlação dos vários elementos, principalmente dos elementos traço, reflete os efeitos combinados dos processos de mineralização (incluindo retrabalhamento e refinamento metalífero promovido pela atividade hidrotermal prolongada no tempo) e de redistribuição e reconcentração metalífera relacionados com remobilizações tectono-metamórficas mais tardias.

VII.1.1. Correlações intermetálicas

Utilizando a base de dados de rocha total (de amostragem de fundo de mina e de sondagens) e a base de dados da estimação dos modelos de blocos de 2018 e com recurso ao programa Supervisor® (Somincor-Lundin Mining), foi possível construir matrizes de correlação quer para os minérios no Zambujal na sua totalidade (Mass) quer para estes separados por tipologias de minério. Verificou-se que, salvo exceções, houve correlações identificadas utilizando a base de dados de rocha total que não foram identificadas ou apresentavam menores coeficientes de correlação (r) quando se recorria ao modelo de estimação de reservas. No anexo 15 poderão ser encontradas as matrizes de correlação realizadas para os minérios do Zambujal. Os resultados obtidos foram, sempre que justificado, comparados com as matrizes de correlação obtidas por Carvalho (2016) e Carvalho *et al.* (2018) para o jazigo de Neves-Corvo no seu todo e para as restantes massas em exploração.

À escala de todo o jazigo de Neves-Corvo algumas importantes correlações intermetálicas positivas, ou simples co-variações, postas em evidência por Carvalho (2016) e Carvalho *et al.* (2018) incluem o Se e In com o Cu ($r = 0,55$ e $r = 0,44$, respetivamente), o Pb e o Hg com o Zn ($r = 0,41$ e $r = 0,74$, respetivamente), o Sb com a Ag ($r = 0,62$), o Pb com o Hg ($r = 0,34$), o As e o Sb com o Hg ($r = 0,35$ para ambos), e o In com o Sb ($r = 0,40$). A identificação das correlações positivas entre os elementos As e Zn ($r = 0,26$), Ag e Au ($r = 0,26$), Se e Hg ($r = 0,25$), Au e As ($r = 0,29$) e Se e In com o Bi ($r = 0,26$) foi considerada importante devido à sua consistência com correlações relativas à identificação da fase mineral portadora dos vários metais (Carvalho, 2016; Carvalho *et al.* 2018). De salientar que, sobretudo para o In, se observa correlação positiva entre o In-Se e o Zn, nos minérios MCZ quando considerados à escala de todo o jazigo de Neves-Corvo ($r = 0,16$ e $0,42$, respetivamente; Carvalho, 2016). Para todas as massas observam-se sistematicamente correlações do In e Se com o Cu, salvo raras exceções, entre

estes metais e o As, Sb e Bi ($r \leq 0,31$, $r \leq 0,63$ e $r \leq 0,40$, respetivamente) (Carvalho, 2016; Carvalho *et al.* 2018).

Na massa do Zambujal, várias destas correlações intermetálicas mostram desvios ao que é norma nas restantes massas ou no jazigo no seu todo. Assim, comparativamente à totalidade do jazigo de Neves-Corvo, na massa do Zambujal observam-se (a) correlações entre o In e o Sb ($r = 0,70$), o As com o Hg ($r = 0,54$), o Au com a Ag ($r = 0,57$) e As com o Zn ($r = 0,42$); (b) correlações negativas ($r \geq -0,57$) entre Fe-Cu, Fe-Hg, S-Cu e Zn-Fe; (c) e, correlações positivas ($r = 0,52 - 0,79$), não identificadas à escala do depósito, do Hg e o Cu com o As, do Hg e Bi com o Cu e o do Fe com o S. Relativamente às restantes massas, os minérios totais do Zambujal distinguem-se por apresentarem correlação positiva, do Se e In com o Zn ($r = 0,18$ e $r = 0,27$, respetivamente) e correlação negativa com o S ($r = -0,20$ e $r = -0,20$, respetivamente) e com o Fe ($r = -0,33$ e $r = -0,39$, respetivamente).

Estas correlações intermetálicas observadas para o minério maciço total do Zambujal foram também detalhadas à escala das tipologias de minério. Para os minérios de Cu verifica-se que existe distinção significativa entre os minérios do tipo MC e MCZ, sendo as correlações Zn-Hg, In-Sb e Fe-S as únicas correlações positivas em comum. No MCZ, as correlações são semelhantes às observadas para a massa no seu todo, com exceção do Au que se correlaciona positivamente ($r \geq 0,63$) com o Hg, Pb e Sn e negativamente com o Se ($r = -0,63$), do Hg que apresenta correlação positiva com o Se e negativa com o S ($r = 0,54$ e $-0,62$, respetivamente) e da correlação Fe-As ($r = -0,70$). Quanto ao MC, existem as correlações do Sb com a Ag e com o Hg ($r = 0,67$ e $0,65$, respetivamente). Importa salientar que, nos minérios MCZ, o In e Se apresentam simultaneamente correlação positiva com o Cu e com o Zn ($r \leq 0,50$). Como referido anteriormente as correlações do In e Se com o Zn na massa do Zambujal (minério total e, sobretudo no MCZ) não se verificam para as restantes massas nem para o depósito de Neves-Corvo tomado na sua totalidade.

Para os minérios de Zn, as correlações intermetálicas negativas mais relevantes são as do Zn com o Fe ($r \geq 0,46$) e correlações positivas são as da Ag com o Sb e Au ($r \geq 0,69$ e $0,54$, respetivamente), a do Fe com o S ($r \geq 0,65$) e a do Zn com o Hg ($r \geq 0,60$). No minério MZ, o Bi apresenta correlação positiva com Sb ($r = 0,58$). Quanto aos minérios do tipo ME e MP, as correlações com maior importância são a Sb-Ag ($r \geq 0,78$), Sn-Ag ($r \geq 0,53$) e Fe-S ($r \geq 0,54$). No minério MP, as correlações positivas Sn-Sb ($r = 0,59$) e Au-As ($r = 0,53$), Au-Pb ($0,57$) e a correlação negativa Au-Zn ($r = -0,62$) também são expressivas. É de realçar a correlação negativa do Sb com o Se e as correlações positivas da Ag com o In e negativa da Ag com o Se nestes minérios. Para os minérios de zinco e zinco-chumbo do Zambujal a correlação do In com o Zn é baixa ($r < 0,13$; Carvalho, 2016), menor que o valor congénere para os minérios totais de Neves-Corvo ($r > 0,23$; Carvalho, 2016).

VII.1.2. Distribuição de metais

Com recurso ao Vulcan 3D® (Somincor-Lundin Mining) foi possível construir mapas (plantas e secções) de distribuição de elementos maiores e menores para as diferentes tipologias de minério e para o minério total. Para a construção destes mapas foi utilizada a base de dados da estimação do modelo de blocos de Somincor-Lundin Mining 2018, dada a maior e melhor informação fornecida por esta, especialmente no que respeita à visualização da continuidade de teores ao longo do minério maciço. As secções realizadas apresentam orientação paralela aos perfis de implementação das sondagens (N57°E-S33°W), isto é, são perpendiculares à direção da estrutura. Também foi realizado um estudo de estatística descritiva, utilizando esta base de dados, que se encontra no anexo 12. A distribuição e as correlações observadas nos mapas encontram-se em concordância com as observações referidas no subcapítulo acima.

Espacialmente, verifica-se que a distribuição em planta dos valores mais elevados de In, Se e Bi tende a coincidir com as zonas ricas em Cu dos minérios cupríferos (MC e MCZ), estando estas maioritariamente localizadas na zona central-este da massa. Relativamente ao Se, é importante salientar que os teores se encontram mais elevados no minério MP (\pm MZP) na zona sul da massa (perfis 19,0 e 20,0) e que, a norte (perfil 18,5) o ME se apresenta enriquecido neste elemento. Em planta, os restantes elementos mostram distribuição tendencialmente mais periférica, pese embora o As, Sb e Ag também apresentem concentrações elevadas na zona central-este da massa. Em perfil (a) o As e Sb encontram-se principalmente relacionados com os minérios cupríferos (MC, MCZ) e para sul, com menor expressão, nos minérios de zinco e zinco-chumbo; (b) a Ag apresenta teores mais elevados no MC e MCZ na zona central-este e no MZ e MZP na zona sul-sudoeste da massa; (c) o Hg encontra-se a norte, principalmente no MZ, ao passo que na zona central se mostra mais enriquecido no minério MCZ (onde existem os maiores teores em valores absolutos) e MC, e na zona sul da massa, novamente no MZ; e (d) o Sn apresenta teores mais elevados, mas pouco significativos em termos absolutos, nos minérios do tipo MZ e MZP ao longo de toda a extensão da massa.

Como foi já referido é possível identificar vários acidentes tectónicos que controlam a geometria e, pelo menos em parte, a redistribuição metálica no Zambujal. Existe, por exemplo, uma tendência clara para que o As, Sb, Bi e Se apresentem concentrações mais elevadas nas zonas mais próximas de algumas das falhas. Na Figura VII.2 A encontram-se indicados em planta, os principais cavalgamentos mapeados na massa do Zambujal e é notória a tendência, por exemplo, do mapa de As, para sublinhar esses corredores estruturais (Figura VII.2 B).

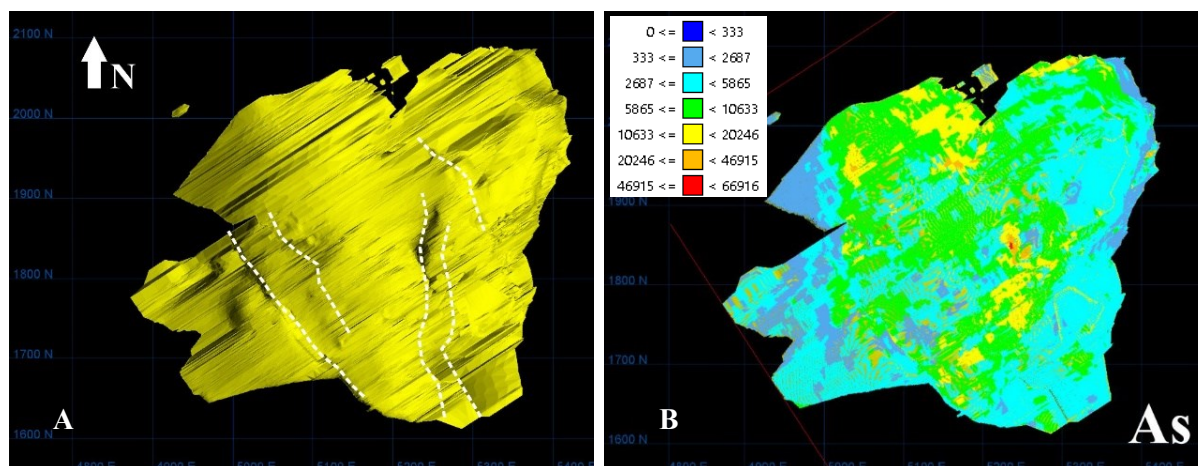


Figura VII.2 (A) Massa do Zambujal com os principais cavalgamentos marcados; (B) mapa da distribuição do As em planta, ao longo da massa do Zambujal.

Em perfil também é possível observar que existe uma tendência para o aumento de concentração da As, Sb, Bi, Se e Cu na vizinhança das zonas de falha, em especial na zona centro-este. Esta zona é onde existe maior número de cavalgamentos identificados, por cartografia de fundo de mina e análise de sondagens, com relíquias de metapelitos a marcar os planos de falha ou cominuição forte do minério acompanhada de remobilizações. Nos mapas, esta zona apresenta teores elevados nos metais acima mencionados, como é possível observar, por exemplo, no perfil 18,5 (Figura VII.3); ver acidentes tectónicos marcados em perfil na Figura VII.1.

Para além dos efeitos de mobilização metalífera registados ao longo das falhas localizadas na zona centro-este, da massa do Zambujal, também é possível observar ligeiros incrementos nos teores de As, Se, Ag, Sb e Bi em corredores estruturais situados nas zonas mais a norte e depleção em Hg, In e Bi nas zonas mais a sul. Verifica-se ainda que a falha mais a W é sublinhada por incremento em Zn.

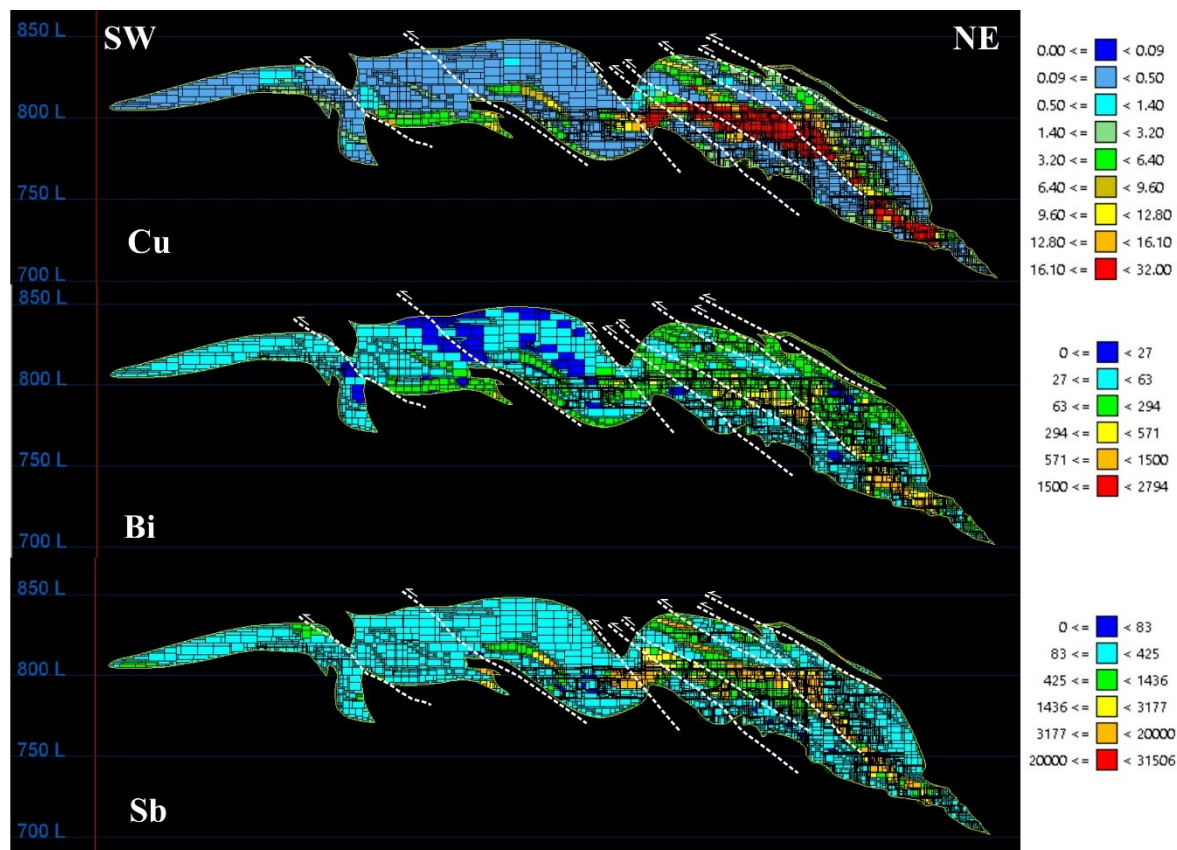


Figura VII.3 - Mapa de distribuição dos elementos Cu, Bi e Sb, no perfil 18,5, no minério maciço do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018).

VIII. Discussão

Neste capítulo pretende-se discutir e interpretar de forma integrada os dados obtidos e observações efetuadas no contexto deste estudo, procurando responder à questão de investigação colocada – quais as características e qual a razão para que a massa do Zambujal seja distinta das restantes massas de Neves-Corvo. Com base em observações macroscópicas e petrográficas (apresentados nos capítulos II e III) foi possível distinguir três fases principais de mineralização, (a) a fase precoce em que se assiste essencialmente à formação de pirite intercrescida com quantidades acessórias de galena, calcopirite, esfalerite e arsenopirite; (b) a fase de mineralização de plumbo-zincífera, com formação de grandes quantidades de esfalerite e galena, frequentemente substituindo a pirite; e (c) a fase de mineralização essencialmente cuprífera, com formação de calcopirite predominante, mas também tenantite e tetraedrite-tenantite. A paragénesis cuprífera é dominada pela calcopirite, mas a tenantite ocorre igualmente desde um estágio bastante precoce desta terceira fase de mineralização, ocorrendo quantidades acessórias de tetraedrite-tenantite que se lhe sucedem em termos de sucessão paragenética. Estas fases minerais substituem todos os minerais pré-existentes, dando corpo a um processo muito desenvolvido de retrabalhamento hidrotermal, com segregação metalífera controlada pela evolução térmica do sistema e solubilidade relativa dos metais (*zone-refining*). As reações de desequilíbrio impostas aos minerais pré-existentes concorreram para a formação de novas fases por acomodação dos elementos em excesso e a exsolução de termos anteriormente co-precipitados (de tetraedrite-tenantite e/ou calcopirite). Em comparação com as assinaturas modais definidas para os minérios do Lombador descritas por Carvalho (2016) verifica-se que a massa do Zambujal apresenta maiores percentagens modais de minerais da série tetraedrite-tenantite. Esta circunstância é provavelmente devida à maior intensidade da deformação tectónica observada no Zambujal, já que, em Neves-Corvo, é conhecida a associação dos cobres cinzentos às paragénese de remobilização tectono-metamórfica que, neste estudo, foi descrito como correspondendo à terceira fase de mineralização (ver V. Caracterização petrográfica). Na massa do Zambujal são inúmeras as evidências da extensão e intensidade da atuação dos processos tectono-metamórficos que incluem recristalização e brechificação dos minérios, *boudinage* e remobilizações, em fraturas, de minerais como a calcopirite, galena e tetraedrite-tenantite.

Como mineralogia acessória encontra-se bournonite, cosalite, galeno-claustalite, danaíte e cobaltite, compatíveis com as associações minerais acessórias definidas para Neves-Corvo por Pinto (1999), Gaspar (2002) e Carvalho (2016). A danaíte não foi identificada por Carvalho (2016) na massa do Lombador. Relativamente à associação mineral descrita por Pinto (2008), nos minérios cupríferos do Zambujal, nas amostras estudadas não foi identificada a junóite ($\text{Cu}_2\text{Pb}_3\text{Bi}_8(\text{S},\text{Se})_{16}$). A ocorrência de selenetos de Bi-Pb pese embora tenha sido identificada por Carvalho (2016), estes não apresentam as mesmas razões entre elementos, apresentando os selenetos analisados no presente trabalho maiores quantidades em Se (3x mais).

Evidências mineralógicas e texturais indicam que os minérios zincíferos foram formados por combinação de processos de substituição na subsuperfície e, eventualmente, processos subordinados de exalação no fundo do mar. A mineralização cuprífera teria sido formada numa fase subsequente da evolução do sistema hidrotermal, sobrepondo-se e substituindo os produtos precocemente formados, piríticos e zincíferos. Para os processos de substituição na subsuperfície as evidências texturais incluem a existência de passagens de rochas metassedimentares (metapelitos com contribuição vulcânica) incompletamente substituídas por sulfuretos (à escala macro- e microscópica), que se constituem como relíquias de material silicatado no seio de sulfuretos maciços ou submaciços.

O campo hidrotermal de Neves-Corvo compreende diferentes zonas de alimentação, a muro das várias massas de sulfuretos maciços, com uma ou mais zonas de descarga (*e.g.* Relvas, 2000; Carvalho, 2016), o que significa que as diferentes massas podem ter tido diferentes graus de maturação, resultantes de diferentes evoluções no tempo e espaço, com resultados distintos em termos dos produtos mais precoces e no que se refere aos produtos finais de refinamento e segregação metálica, resultante do retrabalhamento hidrotermal (Carvalho, 2016). Os minérios do tipo MCZ podem ser considerados a tipologia de minérios que melhor representa os processos de refinamento metalífero dado que registam as consequências mineralógicas e texturais da sobreposição da frente de avanço cuprífero à mineralização zincífera, previamente formada. Este minério apresenta características texturais, mineralógicas e composicionais diferentes ao longo das massas, refletindo diferentes graus de retrabalhamento hidrotermal e tectónico. O desenvolvimento de zonas caracterizadas por associações mineralógicas de alta temperatura ocorre durante pulsos focalizados de mineralização cuprífera, curtos ou prolongados no tempo, de fluidos hidrotermais de elevada temperatura que interagem e retrabalham os produtos mais precoces ou distais de atividade hidrotermal sob regime de temperatura mais baixa a moderada (<300°C).

Comparando os teores em cobre e de elementos traço como o In e Se, dos minérios cupríferos, nas diferentes massas, o Zambujal apresenta gama de teores intermédios, relativamente à do Lombador e às massas de Corvo e Graça. Estas correspondem aos extremos de imaturidade/maturidade de Neves-Corvo por analogia aos sistemas hidrotermais atuais (Carvalho, 2016). O Lombador corresponde à massa mais imatura uma vez que o desenvolvimento de zonas de alta temperatura de cobre ocorreu durante pulsos focalizados, mas curtos no tempo, de fluidos hidrotermais quentes e a maior parte de atividade hidrotermal foi dominada por regime de temperatura baixa a moderada (<300°C) sustentada no tempo, contrariamente às massas de Neves e Graça.

O zonamento metálico (Cu-Zn-Fe), característico dos depósitos de sulfuretos maciços, é reconhecido em Neves-Corvo, quer à escala do depósito, quer para cada massa, refletindo diferenças na solubilidade dos metais controladas pelas isotérmicas do sistema e, portanto, dos valores de pico térmico e da distância à zona de alimentação (*e.g.* Relvas, 2000; Relvas *et al.* 2006 a, b; Carvalho, 2016). No entanto, na massa do Zambujal, mais do que nas restantes, a atividade tectónica foi suficientemente intensa para que os processos de remobilização/redistribuição de metais e fenómenos de enriquecimento secundário, subvertesse essa zonalidade primária. Elementos como o As, Sb, Bi, Se e, mais localmente o Zn, Hg e Bi, mostram, em maior ou menor grau, tendência para se concentrarem na dependência dos principais corredores estruturais definidos na massa. Os enriquecimentos secundários, provavelmente devidos quer a processos difusivos quer a processos advectivos assistidos por fluidos tectono-metamórficos, concorreram para o aumento local de teores, principalmente do Cu, In e Zn, sendo a calcopirite, tetraedrite-tenantite, esfalerite e galena os principais minerais encontrados nas remobilizações.

As correlações observadas utilizando os dados de rocha total do modelo de blocos da Somincor-Lundin Mining refletem ou controlo mineralógico (cristaloquímico), ou covariação associada a redistribuição metálica devida a remobilização tectono-metamórfica. Várias das fases minerais analisadas apresentam desvios às composições ideais, sendo a presença de alguns elementos traço devida à existência de micro- ou nano-inclusões de outros minerais ou à incorporação de elementos na estrutura cristalina promovida por processos de retrabalhamento hidrotermal ou de remobilização tectono-metamórfica.

Em todas as fases minerais analisadas, o Se encontra-se, sistematicamente, a substituir o enxofre, sendo as suas maiores concentrações medidas nos minérios cupríferos em galena-claustalites e cosalites, e as menores nos minérios de zinco, zinco-chumbo e chumbo, nas galenas. A Ag é principalmente incorporada nas tetraedrites e tetraedrites-tenantites, nos minérios plumbo-zincíferos de baixa temperatura, e

em menores quantidades nas galeno-claustalites, dos minérios cupríferos. As arsenopirites analisadas apresentam conteúdos importantes em Co, em especial nos minérios cupríferos, tendo sido identificada a variedade cobaltífera, danaíte (até 10 wt% Co), nos minérios MC. O Bi é essencialmente acomodado nas cosalites e nos selenetos de bismuto e chumbo, no MCZ, e nas tetraedrites, do MC. O In encontra-se presente em maiores quantidades na estanite e em quantidades apreciáveis nas calcopirites, tetraedrites-tenantites, tenantites e nas remobilizações de esfalerite. O cádmio apenas foi detetado em concentrações apreciáveis nas esfalerites, tendo maior expressão, salvo algumas exceções, nos minérios de zinco, chumbo e zinco-chumbo e nos sulfuretos maciços estéreis.

É assim possível reconhecer, que, em termos de elementos maiores e traço, os elementos de mais baixa temperatura como o Zn, Pb, Ag e Cd estão essencialmente associados aos minérios do tipo MZ, MZP, MP e ME e os elementos de alta temperatura como o Cu, Co, Bi, In e Se estão essencialmente associados aos minérios MC e MCZ. Esta associação encontra-se por vezes perturbada devido a processos tectono-metamórficos que contribuíram para a redistribuição de elementos, como é o caso da incorporação de quantidades significativas de In nas esfalerites remobilizadas ou de Se em galenas dos minérios de chumbo.

Comparativamente às restantes massas, tomadas individualmente ou à escala de Neves-Corvo como um todo, verifica-se que a massa do Zambujal apresenta concentrações em Hg e em Se significativamente superiores (Pacheco, 2019, comum. oral). Em termos de correlações verificou-se também que o In e o Se além de apresentarem as conhecidas correlações positivas com o Cu (*e.g.* Carvalho *et al.*, 2018), também apresentam correlação com o Zn (especialmente no MCZ). Estes elementos têm afinidade metalogenética com o cobre, partilhando fontes e condições e transporte em fluidos de alta temperatura, ácidos, reduzidos, salinos e ricos em cobre. No entanto, o In e o Se possuem coeficientes de partição mais favoráveis com a esfalerite, e ainda maior, com a estanite, do que com a calcopirite. Esta circunstância tem expressão local, mas fraca, nas outras massas do jazigo (Carvalho *et al.*, 2018), mas na massa do Zambujal, esta é suficientemente significativa para se refletir na correlação positiva entre o In e o Zn à escala da própria massa, devido à proeminência da redistribuição metálica associada à forte tectonização por esta registada e à relevância dos processos de remobilização da esfalerite. Não obstante, quando existe Sn no sistema, o In é preferencialmente incorporado na estanite, uma vez que este mineral é capaz de incorporar ainda maiores concentrações de In que a esfalerite e que os restantes minerais económicos do jazigo.

As clorites, as micas potássicas dioctaédricas e carbonatos analisados nas passagens silicatadas e carbonatada que se encontravam na zona mais a tecto da mineralização (intercaladas com o minério) apresentam de forma bastante genérica composições semelhantes às analisadas por Relvas (2000) e Carvalho (2016), nos *stockwork* do Corvo e Lombador, respetivamente. As clorites analisadas apresentam composições intermédias entre clinocloro-chamosite e apresentam menores quantidades de Al octaédrico e de Al na razão $Al/(Al+Mg+Fe)$, comparativamente ao Corvo e Lombador, e quantidades semelhantes às clorites de outros depósitos da FPI (*e.g.* Feitas, Gavião e Lousal), sugerindo que as condições de formação poderão ter sido menos severas em termos de temperatura e pH (Carvalho, 2016) que as do Corvo e Lombador. As micas analisadas apresentam composições com desvios para a composição íltica e incorporam quantidades significativas de Cr, sendo estas concentrações de crómio interpretadas como decorrem do intercrescimento de óxidos com estas. Salienta-se ainda que as micas apresentam maiores conteúdos em K do que Na, o que denuncia a proximidade à zona de alimentação. Os carbonatos são siderites-sideroplesites e apresentam composições semelhantes às analisadas por Relvas (2000) e Carvalho (2016).

I.1 Modelo metalogenético integrado para o depósito de Neves-Corvo

Relvas (2000), Relvas *et al.*, (2006 a,b), Huston *et al.* (2011) propuseram um modelo metalogenético geral para o depósito de Neves-Corvo com base no estudo das mineralizações de zinco, cobre e estanho da massa do Corvo. Carvalho (2016), através do estudo das mineralizações de zinco e cobre do Lombador, procurou integrar as assinaturas metalogenéticas das massas do Corvo e Lombador num único modelo genético. Os resultados deste estudo na massa do Zambujal são consistentes com o modelo proposto por estes autores e permitem que este integre as especificidades nela registadas e observadas.

Em resultado do regime tectónico extensional em vigor do Fameniano superior ao Carbónico inferior a bacia foi fortemente compartimentada, com geração de bacias de 2ª e 3ª ordem, em ambiente epicontinental marinho com profundidades próximas de 1000 a 1500 m. Nestas houve formação de arenitos e siltitos (GFQ), de filitos piríticos e rochas vulcânicas resultantes do vulcanismo félsico prolongado (CVS inferior). A forte compartimentação, com geração de falhas profundas, sub-verticais, favoreceu a ascensão de magmas félsicos responsáveis pelo vulcanismo predominantemente ácido da FPI. Localmente, os magmas graníticos especializados em estanho, podem ter-se instalado em profundidade, conforme admitido para a região de Neves-Corvo. Os elevados gradientes geotérmicos regionais em vigor, em resultados das condições geotectónicas da bacia, do fluxo térmico decorrente do vulcanismo e, no caso de Neves-Corvo, eventualmente da fonte adicional de calor associado à possível instalação do corpo granítico, em profundidade, e o seu arrefecimento lento do mesmo contribuíram para o desenvolvimento de células hidrotermais convectivas eficientes prolongadas no tempo, promovendo longos períodos de interação fluido-rocha e lixiviação da sequência hospedeira.

Este regime térmico elevado terá favorecido a circulação da água do mar promovendo o fluxo ascendente de fluidos de baixa temperatura e a sua exalação, resultando no isolamento progressivo da superfície do fundo do mar por acumulação de exalitos predominantemente siliciosos (representados pela unidade JC). O sucessivo fecho do sistema pela barreira de exalitos contribui para a progressiva redução das perdas de calor no sistema e desenvolvimento de correntes de convexão a temperaturas moderadas, que lixiviam com maior eficiência metais da sequência encaixante. A profundidades moderadas, quando são atingidas as condições de pressão-temperatura para reverter a solubilidade da sílica, esta precipita com silicificação das rochas, o que contribui para isolar um reservatório hidrotermal profundo e impedir a circulação dos fluidos hidrotermais para profundidades menores. Assim, vão ser lixiviadas grandes quantidades de metais (Cu, Zn, Pb, Fe \pm In, \pm Se) ao GFQ e/ou outras rochas encaixantes, incluindo o seu substrato desconhecido, por fluidos progressivamente mais evoluídos, quentes, salinos e ricos em metais, em profundidade (“*IPB ore fluid*”). Com o arrefecimento da cúpula granítica é atingida temperatura supercrítica em que ocorre separação de fases com fracionamento do estanho preferencialmente para a fase de salmoura e do cobre para a fase de vapor, juntamente com quantidades acessórias de outros elementos (In, Se, Bi, Co).

Numa fase precoce da mineralização ocorre ascensão rápida e súbita focalizada, controlada tectonicamente, da fase salina (rica em estanho), que ao interagir com água do mar desencadeia a precipitação de cassiterite no fundo do mar. Quantidades significativas de metais complexados que provinham na solução podem ter ficado retidos na pluma, sofrendo diluição química e/ou dispersão física.

A primeira fase principal de mineralização sulfuretada ocorre subsequentemente, dando lugar à acumulação de grandes volumes de mineralização de mais baixa temperatura, fortemente dominada pela pirite. Esta fase prolonga-se no tempo e ocorre principalmente por substituição na subsuperfície. A evolução térmica e química do sistema mineralizante conduz à segunda fase principal de mineralização zincífera

(FZ, MZ, MZP). O sistema hidrotermal convectivo caracteriza-se por temperaturas moderadas que se prolongam por longo período de tempo, durante o qual ocorrem múltiplas descargas e migração lateral de fluido hidrotermal. Estas descargas foram promovidas por eventos tectónicos que, ao gerarem ou reativarem falhas, controlam a descarga de fluidos. Simultaneamente, a atividade tectónica promoveu a canalização do *IPB ore fluid* para zonas mais superficiais do sistema convectivo, o que aumentou a capacidade de transporte e lixiviação do sistema dominado por água do mar devido ao aumento da temperatura, salinidade e carácter redutor destes fluidos. O facto do sistema hidrotermal convectivo estar ativo por longo período de tempo favoreceu a maturação do mesmo, com retrabalhamento e refinamento dos metais dos minérios formados nesta etapa. Tal como descrito em várias das massas do jazigo de Neves-Corvo (e.g., Relvas, 2000; Carvalho, 2016), na massa de Zambujal as zonas de alimentação, onde existe um conjunto de fraturas e falhas anastomosadas por onde há descarga principal dos fluidos, ocorre intensa substituição na subsuperfície com formação do *stockwork* e do minério maciço de zinco (MZ, MZP), chumbo (MP) e maciço estéril (ME). O *stockwork* no Zambujal encontra-se hospedado ao longo de toda a massa em metapelitos, com contribuição vulcânica, e/ou rochas vulcânicas fêlsicas e, perante condições de atividade hidrotermal sustentada no tempo, de moderada a alta temperatura sob condições redutoras, de pH baixo, os processos de substituição são mais intensos nas litologias metassedimentares uma vez que estas são mais reativas. Contrariamente ao Lombador, no Zambujal parecem ter sido subordinados os mecanismos de deposição a partir da coluna de água por *plume fall-out* em micro-bacias confinadas.

Posteriormente, a continuação da atividade hidrotermal e a descarga pulsativa de soluções hidrotermais de alta temperatura ricas em cobre promove a evolução geoquímica das associações minerais sulfuretas através de processos de refinação dos metais base e formação dos minérios cupríferos (FC, MC e MCZ). Estes processos levaram à substituição parcial dos minérios de zinco previamente formados, ao longo de frentes de substituição dos minérios ricos em esfalerite (resultando nos MCZ). As várias massas apresentam zonamentos bem definidos, materializados pela distribuição das diferentes tipologias de minério. Na massa do Zambujal não é de descartar a possibilidade de, tal como no Corvo (e, possivelmente na Graça e Neves), as falhas principais das zonas de alimentação do sistema possam ter canalizado quantidades apreciáveis do *IPB ore fluid* e da fase de vapor rica em cobre, uma vez que este apresenta teores elevados em selénio, comparativamente às restantes massas, teores de cobre consideráveis. Porém esta contribuição não é expressiva como no Corvo, pois os altos teores apresentam expressão mais local na massa comparativamente à distribuição dos teores no Corvo. Estas soluções de alta temperatura, reduzidas, ácidas, salinas e ricas em metais que variavelmente se misturam nos sistemas convectivos dominados por água do mar, podem ter contribuído para o aumento dos conteúdos de metais bem como a capacidade de lixiviação e transporte. As condições de alta temperatura favorecem ainda o prolongamento da ocorrência de processos de refinamento no tempo.

A inversão do regime tectónico durante o Viseano superior, e subsequente formação de acidentes tectónicos, resultou na remobilização e formação de enriquecimentos secundários locais, que são particularmente importantes nas zonas mais deformadas. Na massa do Zambujal existe forte sobreposição tectónica, comparativamente às restantes massas, que foi responsável por redistribuição, remobilização e formação de enriquecimentos locais em metais. A zona centro-este é a mais afetada e, no flanco NE, existe aumento relativo da espessura de sulfuretos maciços (em particular do minério MCZ) devido ao significativo efeito de empilhamento devido a cavalgamentos. Nesta zona, é onde se encontram as maiores concentrações de elementos como o In, Se, Hg, Cu, Bi e Ag, (devido a processos difusivos e a processos advectivos assistidos por fluidos tectono-metamórficos) pese embora também existam concentrações apreciáveis destes elementos nos minérios de Zn e Zn-Pb, em zonas da massa mais deformadas e com fenómenos de remobilizações mais expressivos.

IX. Conclusão

A massa do Zambujal, é a mais pequena de entre as cinco em exploração na mina de Neves-Corvo. Compreende cerca de 15 Mt de recursos totais, correspondendo 7 Mt a minérios de Cu (FC, MC e MCZ), 7,2 Mt a minérios de zinco (FZ, MZ e MZP) e cerca de 0,4 Mt a minérios de chumbo (MP) (Somincor-Lundin Mining 2018). A projeção dos teores de Cu-Zn-Pb num diagrama ternário mostra que os minérios do Zambujal se projetam no campo dos VHMS de Cu-Zn-Pb, tal como Neves e Lombador (esta última desviada na direção de maiores teores em Zn; Carvalho, 2016), e em contraste com as massas do Corvo e Graça que, tomadas individualmente, se deverão classificar como VHMS de Cu (Carvalho, 2016).

A massa do Zambujal apresenta forma geral lenticular. No entanto, a sua geometria encontra-se significativamente afetada por vários cavalgamentos e por um proeminente dobramento, que se torna progressivamente mais apertado de norte para sul, com rompimento de flanco na zona centro-sul. Imediatamente a teto da mineralização compreende, a sequência, de baixo para cima, a unidade JC, xistos negros, rochas metavulcanoclásticas, xistos e metagrauvaques da Formação de Mértola e xistos da Formação de Grandãos. A Formação de Mértola, quando presente, encontra-se em contacto tectónico com as litologias suprajacentes e normal com a unidade JC. A sequência a muro da mineralização é relativamente semelhante em toda a extensão da massa e compreende rochas vulcânicas e vulcanoclásticas félsicas, rochas sedimentares siliciclásticas finas e xistos negros pertencentes à Formação de Neves. O *stockwork* encontra-se hospedado em metapelitos com contribuição vulcânica e rochas vulcânicas félsicas, e prolonga-se até aos 750 metros de profundidade. Este prolonga-se lateralmente por toda a extensão da massa com enraizamento para o setor noroeste, onde se encontra mais desenvolvido e onde se encontra o eixo da zona de alimentação (*stockwork* central).

O minério maciço do Zambujal é caracterizado genericamente por uma paragénese mineral sulfuretada semelhante à descrita em Neves-Corvo por Relvas (2000), Pinto (2008) e Carvalho (2016). A caracterização macro- e microscópicas dos diferentes tipos de minério permitiu compreender que a maioria das características primárias mais precoces (*e.g.* pirite colomórfica e framboidal) se encontram obliteradas por processos derivados da evolução e maturação do sistema hidrotermal, com proeminente refinamento e segregação metálica resultantes de retrabalhamento hidrotermal, seguidos por intensos processos tectono-metamórficos responsáveis por forte remobilização e redistribuição de metais. São, assim, dominantes nos minérios do Zambujal não apenas as texturas de substituição decorrentes da evolução do sistema hidrotermal, mas também texturas secundárias, como brechas, bandados de segregação textural, *boudinage* e zonas de cominuição forte do minério, que apontam para o retrabalhamento tectónico ao longo do tempo, acentuando contrastes reológicos associados aos diferentes materiais afetados.

Evidências mineralógicas e texturais indicam que os minérios zincíferos se formaram por combinação de processos dominantes de substituição na subsuperfície e, eventualmente, processos subordinados de exalação no fundo do mar. A geração dos minérios cupríferos teve lugar numa fase subsequente da evolução do sistema hidrotermal com expressiva substituição das mineralizações formadas em fases precedentes, dominadas por pirite e por esfalerite/galena. Os processos de substituição na subsuperfície terão sido favorecidos pela atividade hidrotermal prolongada no tempo e pela existência de uma camada isolante constituída por exalitos depositados nas fases iniciais da atividade hidrotermal (materializados pela unidade JC). Comparando os teores em Cu e de Se dos minérios cupríferos nas diferentes massas, o Zambujal apresenta uma gama de teores intermédios, entre os do Lombador e os das massas de Corvo e Graça, sugerindo graus de maturidade hidrotermal intermédios a estes termos extremos no espetro de mineralizações sulfuretadas que caracterizam Neves-Corvo no seu conjunto.

O zonamento metalífero e subsequente distribuição das várias tipologias de minério segue, em traços gerais, o zonamento característico de depósitos de sulfuretos maciços (*e.g* Large, 1977; Sáez *et al.*, 1996). Tal como nas restantes massas de Neves-Corvo, os minérios ricos em Cu encontram-se nas zonas mais internas da massa, enquanto os minérios ricos em Zn e os sulfuretos estéreis ocorrem nas zonas mais periféricas e a teta desta. Este zonamento encontra-se perturbado devido a processos tectono-metamórficos, responsáveis pela remobilização de metais e fenómenos de enriquecimento secundário.

Através da visualização de plantas e perfis realizados ao longo de vários perfis na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos de Somincor-Lundin Mining 2018, foi possível concluir que elementos como o As, o Sb, o Bi e o Se permitem sublinhar espacialmente várias zonas de falha e corredores estruturais na massa do Zambujal. Salienta-se que é necessário ter em consideração o zonamento sin-deposicional presente no depósito uma vez que este influencia a distribuição destes elementos nas várias zonas de falha em diferentes domínios da massa.

Em termos de correlações intermetálicas verificou-se que, contrariamente à escala do depósito e das restantes massas, no Zambujal, o In e o Se para além de apresentarem correlações positivas com o Cu também apresentam correlações com o Zn (especialmente no MCZ). Assim, o In e o Se (e de forma análoga, o Bi e Co) estão maioritariamente associados aos minérios cupríferos, facto que é consistente com o transporte e co-precipitação destes metais com fluidos ricos em Cu, de alta temperatura, ácidos, reduzidos e salinos (Relvas *et al.*, 2006 a, b; Carvalho, 2016; Carvalho *et al.*, 2018). No entanto, o facto da esfalerite ter coeficiente de partição mais favorável para o In e Se favorece que, na massa do Zambujal, a forte influência dos processos de remobilização/redistribuição tectono-metamórfica, seja suficientemente vincada para justificar também a correlação positiva secundária entre o In-Se com o Zn, circunstância que não tem expressão comparável com as restantes massas.

Os minerais da série tetraedrite-tenantite e a esfalerite, além de serem os principais portadores de elementos valorizantes, como o In e a Ag, são também, simultaneamente, portadores de elementos penalizantes como o Bi e o Hg. As maiores concentrações destes elementos encontram-se na zona centro-este da massa do Zambujal, onde existe sobreesspessamento do minério MCZ devido a empilhamento de sucessivos cavalgamentos. No entanto, também existem concentrações apreciáveis destes elementos em domínios mais deformados dos minérios de Zn e Zn-Pb e/ou em fraturas com remobilizações de esfalerite, afetando as várias tipologias de minério.

Dependo da tipologia de minério considerado e de acordo com as correlações intermetálicas observadas no Zambujal, a esfalerite, a tetraedrite-tenantite, a estanita e a calcopirite (em menores concentrações relativas, mas em maior quantidade em termos absolutos) são os principais portadores de In; a galena-claustalite, os selenetos e, com menor expressão, a esfalerite, a calcopirite, a arsenopirite, a tetraedrite, a estanita e a kesterite são os principais portadores de Se; a tetraedrite, a cosalite e os selenetos de bismuto e chumbo são os principais portadores de Bi e a tetraedrite, a tetraedrite-tenantite e a galeno-claustalite são os principais portadores de Ag. Apesar de não ter sido analisado quantitativamente, foi possível perceber em termos qualitativos que o Hg este se encontra preferencialmente nos sulfossais de As e Sb, na esfalerite e galena

Assim, em termos gerais, a massa do Zambujal partilha a história das restantes massas em Neves-Corvo, com um sistema hidrotermal convectivo sustentado e prolongado no tempo, responsável pela formação, sob temperaturas baixas a moderadas, de uma abundante mineralização plumbo-zincífera (minério do tipo MZ, MZP, MP e ME); a evolução e maturação da atividade hidrotermal mineralizante no decurso de um prolongado período de tempo, conduz ao aumento da temperatura do sistema e à interação dos

produtos precocemente formados com fluidos ricos em cobre, salinos, ácidos e redutores que foram responsáveis pela geração de uma mineralização cuprífera de mais alta temperatura (minérios MC e MCZ), que substituem parcialmente a mineralização zincífera previamente formada.

No decurso da evolução geológica e geotectónica da região, o jazigo no seu todo e a massa do Zambujal em particular, foram sujeitos a processos tectono-metamórficos muito relevantes que promoveram a redistribuição, remobilização e formação de enriquecimentos locais de metais. A forte deformação tectónica da massa do Zambujal, superior à das restantes massas de Neves-Corvo, justifica as dissemelhanças aqui evidenciadas em termos de correlações intermetálicas, bem como os invulgarmente elevados efeitos de enriquecimento metálico, com concentrações localmente anómalas de elementos económicos, como o Cu, o Zn ou o Pb; de elementos valorizantes como a Ag; ou de elementos potencialmente valorizantes como o Se ou o In. No entanto, alguns elementos penalizantes, como o Hg ou o As, acompanham igualmente este trajeto de enriquecimentos secundários por remobilização tectono-metamórfica, facto que obriga, do ponto de vista da operação mineira, a uma ponderação cuidada das estratégias de produção em cada momento e contexto de exploração da massa.

X. Referências Bibliográficas

- Albouy, L., Conde, L.N., Foglerini, F., Leca, X., Morikis, A., Callier, L., Carvalho, P., Songy, J.C. (1981) – *Le gisement de sulfures massifs polymétalliques de Neves-Corvo (Baixo Alentejo, Sud Portugal)*. Chronique de la Recherche Minière 460, 5 – 27.
- Almodóvar, G.R., Sáez, R., Pons, J.M., Maestre, A., Toscano, M., Pascual, E. (1998) - *Geology and genesis of the Aznalcóllar massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Spain*. Mineralium Deposita, 33, 111-136.
- Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., Nichols, M.C. (2003) – *Handbook of Mineralogy, Volume I – Elements, Sulfides, Sulfosalts*. Mineral Data Publishing, 2003 reprinted version, Tucson, Arizona, p. 588.
- Barrie, C., Amelin, Y., Pascual, E., 2002. U-Pb geochronology of VMS mineralization in the Iberian Pyrite Belt. Mineral. Deposita 37/8, 684-703.
- Barriga, F.J.A.S. (1990) – *Metallogenesis in the Iberian Pyrite Belt*. Em Dallmeyer, R.D., Martínez García, E., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer: 369-379.
- Barriga, F.J.A.S., Fye, W.S. (1988) - *Giant pyritic base-metal deposits: the example of Feitais, Aljustrel, Portugal*. Chemical Geology, 69, 331-343.
- Benzaazoua, M., Marion, P., Pinto, A., Migeon, H., Wagner, F.E. (2003) – *Tin and indium mineralogy within selected samples from the Neves-Corvo ore deposit (Portugal): a multidisciplinary study*. Minerals Engineering, Vol. 16, 1291 – 1302.
- Boogaard, V.D. & Schermerhorn, L. (1981) - *Conodont faunas from Portugal and southwestern Spain Part 6. A Lower Famennian conodont fauna at Monte do Forno da Cal (South Portugal)*. Scripta Geol., 63, 1-16.
- Carvalho, P. e Ferreira, A. (1994) - *Geologia de Neves-Corvo: Estado actual do conhecimento: Associação Portuguesa da Indústria Mineral (APIMIN-ERAL), Simpósio de Sulfuretos Polimetálicos da Faixa Piritosa Ibérica, Évora, Portugal, Outubro, 1993: Portugal Mineral, No. 33, p.1-5; No. 36, pp. 7-8.*
- Carvalho, J. (2016) - *Zinc Metallogenesis, and Indium and Selenium Distribution at the Neves-Corvo deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 579.
- Carvalho, J.R.S., Relvas, J.M.R.S., Pinto, A.M.M., Frenzel, M., Krause, J., Gutzmer, J., Pacheco, N., Fonseca, R., Santos, S., Caetano, P., Reis, T., Gonçalves, M. (2018) – *Indium And selenium distribution in the Neves-Corvo deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal*. Mineralogical Magazine, Vol. 82(S1), S5-S41.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (2010) – *Minerais constituintes das rochas – uma introdução*. 4ª edição da Fundação Calouste Gulbenkian, p.727.
- Fonseca, P., Ribeiro, A. (1993) - *Tectonics of the Beja-Acebuches Ophiolite: a major structure in the Iberian Variscan fold belt*, Geologisches Rundschau, 82, 440-447.

- Frenzel, M., Bachmann, K., Carvalho, J.R.S., Relvas, J.M.R.S., Pacheco, N., Guztmer, J. (2018) - *The geometallurgical assessment of by-products- geochemical proxies for the complex mineralogical deportment of indium at Neves-Corvo, Portugal*. Mineralium Deposita, 28(1), 123-145.
- Gaspar, O. (1991) - *Paragenesis of the Neves-Corvo volcanogenic massive sulphides*, Comun. Serv. Geol. Portugal, 77, 27-52.
- Gaspar, O. (2002) - *Mineralogy and sulfide mineral chemistry of the Neves-Corvo ores, Portugal: insight into their genesis*. The Canadian Mineralogist, 40, 611-636.
- Huston, D.L., Relvas, J.M.R.S., Gemmell, J.B., Driberg, S. (2011) - *The role of granites in volcanic-hosted massive sulphide ore-forming systems: an assessment of magmatic-hydrothermal contributions*. Mineralium Deposita, Vol. 46, pp. 473-507.
- Inverno, C., Díez-Montes, A., Rosa, C., García-Crespo, J., Matos, J., García-Lobón, J.L., Carvalho, J., Bellido, F., Castello.Branco, J.M., Ayala, C., Batista, M.J., Rubio, F., Granado, I., Oliveira, J.T., Rey, C., Araújo, V., Sánchez-García, T., Pereira, Z., Represas, P., Solá, R., Sousa, P. (2015) – *Introduction and Geolocial Setting of the Iberian Pyrite Belt*. Em: Weihed, P. (eds) *3D, 4D and Predictive Modelling of Major Mineral Belts in Europe*
- Jorge, R.C.G.S., Pinto, A.M.M., Tassinari, C.C.G., Relvas, J.M.R.S., Munhá, J. (2007) - *VHMS metal sources in the Iberian Pyrite Belt: new insights from Pb isotope data*. In: Andrew CJ et al. (eds) *Digging deeper*. Special Publication of the Irish Association for Economic Geology, 1097-1100
- Large R.R. (1977) - *Chemical evolution and zonation of massive sulfide deposits in volcanic terrains*. Economic Geology 72: 549-572
- Leca, X., Ribeiro, A., Oliveira, J.T., Silva, J.B., Albouy, L., Carvalho, D., Merino, F. (1983) – *Cadre Géologique des Mineralisations de Neves-Corvo (Baixo Alentejo, Portugal)*. Lithostratigraphie, Paléogéographie et Tectonique. Mémoire Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 121, 80.
- Leca, X., Albouy, L., Aye, F., Picot, P. (1985) – *Caractéristiques principales du gisement de Neves-Corvo, Baixo Alentejo, Portugal*. Chronique de la Recherche Minière 121, 53 – 58.
- Leistel, J.M.M., Marcoux, E., Thiéblemont, D., Quesada, C., Sánchez, A., Almodóvar, G.R., Pascual, E., Sáez, R. (1998) - *The volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt: Review and preface to the Thematic Issue*. Mineralium Deposita, 33, 2-30.
- Li X, Zhao KD, Jiang SY, Palmer, MR (2019) - *In-situ U-Pb geochronology and sulfur isotopes constrain the metallogenesis of the giant Neves-Corvo deposit, Iberian Pyrite Belt*. Ore Geology Reviews 105:223-235.
- Luz, F., Mateus, A., Figueiras, J., Tassinari, C.C.G., Ferreira, E., Gonçalves, L. (2019) - *Recognizing metasedimentary sequences potentially hosting concealed massive sulfide accumulations in the Iberian Pyrite Belt using geochemical fingerprints*. Ore Geology Reviews, Vol.107, 973-998.
- Marcoux, E. (1998) - *Lead isotope systematics of the giant massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt*. Mineralium Deposita, Vol.33, 45-58.
- Mathur, R., Ruiz, J., Tornos, F. (1999) - *Age and sources of the ore at Tharsis and Rio Tinto, Iberian Pyrite Belt, from Re-Os isotopes*. Mineralium Deposita, Vol. 34, pp. 790-793.

- McPhie, J., Doyle, M., Allen, R. (1993) – *Volcanic Textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*, Centre for ore deposits and exploration studies, University of Tasmania
- Munhá, J., Barriga, F.J.A.S., and Kerrich, R. (1986) – *High 18O ore-forming fluids in volcanic-hosted base metal massive sulfide deposits: genetic, 18O/16O, and D/H evidence from the Iberian Pyrite Belts*; Crandon, Wisconsin; and Blue Hill, Main. *Economic Geology*, Vol. 81, pp. 530-552.
- Munhá, J. (1990) - *Metamorphic Evolution of the South Portuguese/Pulo do Lobo Zone*. Em Dallmeyer, R.D., Martínez García, E., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer: 363-368.
- Munhá, J., Relvas, J.M.R.S., Barriga, F.J.A.S., Conceição, P., Jorge, R.C.G.S., Mathur, R., Ruiz, J., Tassinari, C.C.G. (2005) – *Os isotopes systematics in the Iberian Pyrite Belt*. Em Mao J, Bierlein FP (eds). *Mineral deposit research: meeting the global challenge*. Springer, Berlin, pp 663-666.
- Oliveira, J.T. (1990) - *Stratigraphy and Syn-sedimentary Tectonism*. Em Dallmeyer, R.D., Martínez García, E., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer: 334-347.
- Oliveira, J.T., Carvalho, P., Pereira, Z., Pacheco, N., Fernandes, J.P., Korn, D. (1997) – *Stratigraphy of the Neves-Corvo mine region*. Society of Economic Geologists, Neves-Corvo Field Conference, Lisbon, Portugal, May 11-14, 1997, pp. 86-87.
- Oliveira, J.T., Pereira, Z., Carvalho, P., Pacheco, N., Korn, D. (2004) - *Stratigraphy of the tectonically imbricated lithological succession of the Neves-Corvo mine area, Iberian Pyrite Belt, Portugal*. *Mineralium, Deposita*, 39, 422-436.
- Oliveira, J., Pereira, Z., Rosa, C., Rosa, D., Matos, J. (2005) - *Recent advances in the study of the stratigraphy and the magmatism of the Iberian Pyrite Belt, Portugal*. Em: Carosi, R., Das, R., Lacopini, D., Rosenbaum, G. (Eds). *The southern Variscan belt*, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition 19/9, 1441-8142
- Oliveira, J.T., Relvas, J., Pereira, Z., Matos, J., Rosa, C., Munhá, J., Fernandes, P., Pinto, A. (2013a) - *Geologia Sul Portuguesa, com ênfase na estratigrafia, vulcanologia física, geoquímica e mineralizações da faixa piritosa*. Em Araújo, A., Dias, R., Kullberg, J.C., Terrinha, P., *Geologia de Portugal*, Vol I, 765-973.
- Oliveira, J.T., Rosa, C.J.P., Rosa, D.R.N., Matos, J.X., Inverno, C.M.C., Andersen, T. (2013b) - *Geology of the Rosário-Neves-Corvo antiform, Iberian Pyrite Belt, Portugal: new insights from physical volcanology, palynostratigraphy and isotope geochronology studies*. *Mineralium Deposita*, 48 (6), 749-766.
- Pereira, Z., Pacheco, N., Oliveira, J.T. (2004) – *A case applied palynology: dating the lithological succession of the Neves-Corvo mine, Iberian Pyrite Belt, Portugal*. Em: Proceedings of the XVth ICCP Stratigraphy. Wong, Th. E. (Ed.). R.D. Academy Arts and Sciences, pp. 345-354.
- Pereira, Z., Matos, J., Fernandes, P., Oliveira, J.T. (2007) – *Devonian and Carboniferous palynostratigraphy of the South Portuguese Zone, Portugal* – An overview. *Comun. Geo.* t.94, pp. 53-79.
- Pereira, Z., Matos, J.X., Fernandes, P., Jorge, R.G.S., Oliveira, J.T., (2010) - Qual a idade mais antiga da Faixa Piritosa. Nova idade Givetiano inferior para o Grupo Filito-Quartzítico (Anticlinal São Francisco da Serra, Faixa Piritosa, *Revista Electrónica de Ciências da Terra* Vol. 17, nº13, pp.4.

- Pinto, A., Ferreira, A., Bowie, J.F.W. (1995) – Caracterização de minerais do Jazigo de Neves-Corvo e suas implicações metalogenéticas. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Memória nº4, 665-670.
- Pinto, A. (1999) – Estudo da Textura, Mineralogia e Química Mineral dos Minérios da Massa de Corvo do Jazigo de Neves-Corvo. Tese de Mestrado em Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 312
- Pinto, A. (2008) – Relatório de Estudo Mineralógico – Documento interno da Somincor-Lundin Mining, não publicado.
- Pinto, AMM, Relvas, JMRS, Carvalho, JRS, Liu, Y, Pacheco, N, Pinto, F, Fonseca, R, (2014) - High-Tech Metals in the zinc-rich massive ores of the Neves-Corvo Deposit. Comunicações Geológicas, 2014, 101, Especial II, 825-828. ISSN: 0873-948X; e-ISSN: 1647-581X
- Quesada, C. (1991) - Geological constraints on the Paleozoic tectonic evolution of tectonostratigraphic terranes in the Iberian Massif. Tectonophysics, 185: 225-245.
- Quesada, C., Fonseca, P., Munhá, J., Oliveira, J.T., Ribeiro, A. (1994) - The Beja-Acebuches Ophiolite (Southern Iberia Variscan fold belt): Geological characterization and geodynamic significance. Boletín Geológico y Minero, 105: 3-49.
- Ramdohr, P. (1980) – *The Ore Minerals and Their Intergrowths*. Em: *International Series in Earth Sciences*, Vol. 35, D.E. Ingerson (Ed), *English translation of the 4th Edition*, Pergamon Press, p. 1207.
- Relvas, J.M.R.S. (1991) – Estudo geológico e metalogenético da área do Gavião, Baixo Alentejo. Provas de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 248.
- Relvas, J.M.R.S. (2000) - *Geology and Metallogenesis at the Neves-Corvo deposits, Portugal*. Tese de Doutoramento, Unidade de Lisboa, 335.
- Relvas, J.M.R.S., Tassinari, C.C.G., Munhá, J., Barriga, F.J.A.S. (2001) – *Multiple sources for ore-forming fluids in the Neves-Corvo VHMS deposit of the Iberian Pyrite Belt (Portugal): strontium, neodymium and lead isotope evidence*. Mineralium Deposita, Vol. 36, pp. 416-427.
- Relvas, J.M.R.S., Barriga, F.J.A.S., Ferreira, A., Noiva, P., Pacheco, N., Barriga, G. (2006a) – *Hydrothermal alteration and mineralization in the Neves-Corvo volcanic-hosted massive sulfide deposit, Portugal: I. Geology, mineralogy, and geochemistry*. Economic Geology, Vol. 101, pp. 753-790.
- Relvas, J.M.R.S., Barriga, F.J.A.S., Longstaffe, F. (2006b) – *Hydrothermal alteration and mineralization in the Neves-Corvo volcanic-hosted massive sulfide deposit, Portugal: II. Oxygen, hydrogen and carbon isotopes*. Economic Geology, Vol. 101, pp. 791-804.
- Ribeiro, A., Quesada, C., Dallmeyer, R.D. (1990) - *Geodynamic Evolution of the Iberian Massif*. Em Dallmeyer, R.D., Martínez García, E., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer:399-409.
- Rosa, C.J.P. (2007) - *Facies Architecture of the Volcanic Sedimentary Complex of the Iberian Pyrite Belt, Portugal and Spain*. Tese de Doutoramento, Universidade da Tasmania, 357.

- Rosa, C.J.P., McPhie, J., Relvas, J.M.R.S., Pereira, Z., Oliveira, T., Pacheco, N. (2008) - *Facies analyses and volcanic setting of the giant Neves-Corvo massive sulfide deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal*. *Miner Deposit*, Vol 43 (4), 449-466.
- Rosa, C.J.P., McPhie, J., Relvas, J.M.R.S. (2010) - *Types of volcanoes hosting the massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt.*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol.19, 107-126.
- Sáez, R., Almodóvar, G.R., Pascual, E. (1996) - *Geological constraints on massive sulphide genesis in the Iberian Pyrite Belt*. *Ore Geology Reviews* 11, 429-451
- Sánchez-España, J., Velasco, F., Boyce, A.J., Fallick, A.E. (2003) – *Source and evolution of ore-forming hydrothermal fluids in the northern Iberian Pyrite Belt massive sulphide deposits (SW Spain): evidence from fluid inclusion and stable isotopes*. *Mineralium Deposita*, Vol. 38, pp. 519-537.
- Schermerhorn, L.J.G. (1971) – *An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt*. *Boletín Geológico Minero*, Vol. 82, pp. 239-268.
- Silva, J.B., Oliveira, J.T., Ribeiro, A. (1990) - *Structural Outline*. Em Dallmeyer, R.D., Martínez García, E., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer:348-362.
- Silva, J.B., Oliveira, J.T., Ribeiro, A., Fonseca, P., Oliveira, J.T., Pereira, Z., Fernandes, P., Munhá, J., Barriga, F.J.A.S. Relvas, J.M.R.S., Carvalho, P., Ferreira, A., Beliz, Á., Noiva, P., Pacheco, N., Leitão J. A. (1997) – *Tectonostratigraphic overview of Neves-Corvo mine in the context of the Variscan Orogeny*. Society of Economic Geologists, Neves-Corvo Field Conference, Lisbon, Portugal, May 11-14, 1997, p. 88.
- Solá, A.R., Salgueiro, R., Pereira, Z., Matos, J.X., Rosa, C., Araújo, V., Neto, R., Lains, J.A., (2015) - Time span of the volcanic setting of the Neves-Corvo VHMS deposit. X Congresso Ibérico de Geoquímica/XVII Semana de Geoquímica, 120-123
- Tornos, F. and Spiro, B. (1999) – *The genesis of shale-hosted massive sulphides in the Iberian Pyrite Belt*. Em Stanley, C., et al., (Eds). *Mineral Deposits: Processes to Processing*. Balkema, Rotterdam, pp. 605-985.
- Tornos, F. (2006) - *Environment of formation and styles of volcanogenic massive sulfides: The Iberian Pyrite Belt*. *Ore Geology Reviews* 28, 259-307.
- Whitney, D. L., Evans, B. W. (2010) – *Abbreviations for names of rock-forming minerals*. *American Mineralogist*, 95, 158-187.

XI. Anexos

Anexo 1- Média dos teores, volume, densidade e tonelagens dos recursos medidos, indicados e inferidos correspondentes aos diferentes tipos de minério maciço e fissural da massa do Zambujal

Tabela XI.1- Média dos teores, volume, densidade e tonelagens dos recursos medidos, indicados e inferidos correspondentes aos diferentes tipos de minério maciço e fissural da massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018).

		Cu %	Zn %	Pb %	Su %	Fe %	Densidade g/cm3	Sn %	As ppm	Sb ppm	Ag ppm	Hg ppm	Au ppm	Bi ppm	Volume m3	Tonelagem t
MC	Medido	3,66	0,7	0,41	43,64	40,74	4,58	0,04	5226,79	514,27	44,24	43,99	0,5	118,33	125645	575533
	Indicado	2,59	0,75	0,46	43,73	40,54	4,58	0,04	5125,72	423,15	43,42	44,47	0,53	103,5	235286	1078619
	Inferido	1,49	0,93	0,56	42,44	38,41	4,54	0,05	5281,24	369,25	42,95	44,72	0,59	73,03	3544	16106
	Total	2,95	0,73	0,44	43,69	40,59	4,58	0,04	5162,05	454,03	43,70	44,31	0,52	108,32	364475	1670258
FC	Medido	2,5	0,34	0,09	12,98	27,32	3,36	0,06	2799,96	120,96	18,26	9,49	0,61	95,77	7262	24383
	Indicado	2,05	0,37	0,1	11,38	23,03	3,3	0,03	2735,1	114,92	18,07	10,27	0,63	81,76	1507382	4968049
	Inferido	1,47	0,18	0,1	5,4	14,22	3,08	0,03	4334,23	130,46	25,13	18,28	0,36	81,96	5610	17259
	Total	2,05	0,37	0,10	11,37	23,02	3,30	0,03	2740,92	115,00	18,10	10,29	0,63	81,83	1520254	5009691
MCZ	Medido	9,35	7,26	0,63	39,74	33,24	4,46	0,03	11354,69	2990,4	77,61	302,06	0,18	220,96	58193	259562
	Indicado	5,64	5,49	0,68	42	36,56	4,53	0,04	7750,14	1471,14	70,26	203,18	0,15	157,79	26446	119848
	Inferido	2,73	5,19	1,15	39,38	34,18	4,45	0,09	9923,48	926,79	64,29	220,29	0,21	121,47	946	4208
	Total	8,12	6,68	0,65	40,44	34,29	4,48	0,03	10212,88	2493,12	75,17	270,27	0,17	200,13	85585	383618
MZ	Medido	0,29	4,73	0,44	46,22	40,93	4,7	0,06	5356,61	309,33	37,66	150,25	0,41	30,37	476436	2238263
	Indicado	0,31	4,12	0,44	45,82	40,64	4,68	0,06	5763,33	340,19	38,81	161,29	0,36	34,63	693506	3247045
	Inferido	0,35	4,52	0,56	43,67	36,72	4,59	0,1	4503,79	345,15	54,06	143	0,37	44,96	1563	7172
	Total	0,30	4,37	0,44	45,98	40,75	4,69	0,06	5595,94	327,62	38,36	156,77	0,38	32,91	1171505	5492480
FZ	Medido	0,12	3,4	0,85	17,67	27,32	3,56	0,03	4461,35	175,78	33,03	114,5	0,26	26,26	1358	4833
	Indicado	0,2	3,72	0,94	20,01	27,68	3,66	0,03	6514,86	214,5	34,27	98,85	0,24	28,02	14968	54780
	Inferido	0,19	3,27	0,66	16,96	21,51	3,55	0,03	7804,52	172,28	21,35	77,89	0,32	30,39	23160	82198
	Total	0,19	3,45	0,77	18,16	24,09	3,59	0,03	7192,40	188,71	26,74	87,23	0,29	29,33	39486	141811
MZP	Medido	0,28	6,45	2,17	45,03	38,71	4,65	0,07	5439,17	431,41	57,05	197,24	0,35	34,25	302843	1408520
	Indicado	0,3	5,27	2,01	45,2	38,65	4,66	0,09	6104,06	475,54	61,3	199,52	0,35	38,03	38978	181488
	Inferido	0,34	4,6	1,62	41,79	37,38	4,53	0,07	6730,5	446,93	63,76	213,3	0,3	30,04	1818	8228
	Total	0,28	6,31	2,15	45,03	38,70	4,65	0,07	5521,32	436,50	57,57	197,58	0,35	34,66	343639	1598236
MP	Medido															
	Indicado	0,37	0,68	1,93	46,72	41,98	4,72	0,07	5501,91	423,81	59,89	68,33	0,26	59,97	87347	411931
	Inferido	0,34	0,96	1,41	43,64	38,8	4,6	0,06	5949,26	374,23	54,7	64,06	0,12	34,75	1094	5028
	Total	0,37	0,68	1,92	46,68	41,94	4,72	0,07	5507,30	423,21	59,83	68,28	0,26	59,67	88441	416959
ME	Medido	0,31	0,37	0,21	47,63	43,28	4,69	0,04	3799,97	190,3	24,38	57,26	0,32	35,81	1191094	5581748
	Indicado	0,34	0,41	0,23	46,15	41,46	4,64	0,06	4800,9	286,47	31,02	57,06	0,28	39,3	1583625	7343362
	Inferido	0,31	0,34	0,2	43,95	35,85	4,57	0,06	2653,62	334,57	35,37	44,72	0,31	37,79	28742	131280
	Total	0,33	0,39	0,22	46,76	42,18	4,66	0,05	4351,40	245,84	28,23	57,02	0,30	37,79	2803461	13056390
FE	Medido	0,17	0,29	0,08	8,5	22,03	3,15	0,03	2288,59	88,21	7,54	25,39	0,9	31,39	22994	72378
	Indicado	0,24	0,29	0,1	7,16	19,72	3,1	0,03	2421,68	94,19	9,57	22	1,12	32,89	3433237	10634442
	Inferido	0,21	0,31	0,09	6,32	13,67	3,07	0,03	2012,56	91,78	7,59	20,97	0,33	53,75	139820	429217
	Total	0,24	0,29	0,10	7,14	19,50	3,10	0,03	2405,05	94,06	9,48	21,98	1,09	33,68	3596051	11136037

Anexo 2 – Re-logging de sondagens estudadas na massa do Zambujal

Tabela XI.2 - Re-logging da sondagem FZ110.

Log original realizado por:												Estação:	C850GP3		
Geólogo :	Daniela Braga		Data :	31/03/2005		Sondagem : FZ110						Perfil :	17,00		
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)		
0,00	30,00	30,00	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e grauvaques			MP		Xistos negros com intercalações cm a dm de grauvaques, de granularidade fina e cor cinza-escura, e com interseção de veios de quartzo muito deformados, em toda a unidade. Todo o intervalo poderá corresponder a zona de falha.	G	1,35 - 1,40 m: S com argilização; 2,10 - 7,15 m: zona de intensa brechificação			
30,00	46,10	16,10		Fm. Mértola (?)	Grauvaques e xistos siliciosos					Grauvaques, de granularidade fina e cor cinza escura, com ocasionais intercalações centimétricas de xistos siliciosos.	N	39,10 - 39,25 m: F com argilização			
46,10	49,65	3,55	CVS	Unidade JC	Xistos e chertes	Ser & Carb					Nível constituído pela sequência xistos sericíticos, xistos negros, xistos siliciosos e chertes	N	49,35 - 49,40: S com argila		
49,65	51,90	2,25	Minério Maciço							Minério essencialmente constituído por Py, de granularidade fina a média e recristalizada, bandado (estabelecido por diferenças de granularidade) e com intercalações milimétricas de material silicatado. É ainda possível observar vénulas e disseminações de Gn e Sp.	F	51,90 - 51,92 m: F	Z32A - 51,22 Z32B - 51,30		
51,90	61,60	9,70	CVS	Unidade JC	Xistos, Jaspes e Chertes	Carb				Nível constituído pela sequência xistos ferruginosos, jaspes brechificados, com abundastes veios de Qtz e Carb, e chertes.	N				
61,60	86,00	24,40	Minério Maciço							ME		Alternância entre ME: minério maciço piritoso, muito fraturado (localmente com brechificação intensa) e com veios e vénulas tardias de Carb e Qtz no intervalo 61,60 - 96,00m e MC: minério piritoso, fraturado e com Cpy, de grão fino, em algumas das fraturas.	G	73,00 - 74,00m - F com intensa fraturação.	
86,00	87,00	1,00		MC		G									
87,00	91,00	4,00		ME		PF				89,00 - 91,00 m: zona com brechificação.					
91,00	92,25	1,25		MC		PF									
92,25	209,50	117,25	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FE		V1 intersetado por veios e/ou vénulas de Qtz+Carb±Chl e com stockwork essencialmente piritoso, com quantidades mais significativas de Cpy nos intervalos- 144,00 - 174,00 m; 184,00 - 188,00m e 192,00 - 194,00m. No início do intervalo (92,25 - 94,00 m) o minério é submaciço constituído por Py±Cpy. No intervalo 184,00-194,00m o minério é FC com intercalações métricas de FE.		127,25 - 127,35 m: F com argilização; 138,65 - 138,85 m: F com zona brechificada; 141,15 - 141,40 m: F com argila			
			FC												
			FE												
			FC												
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre;MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação															

Tabela XI.3 - Re-logging da sondagem FZ295

Log original realizado por:												Estação:	C850GP1W		
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	31/03/2005		Sondagem : FZ295								Perfil :	18,00
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)		
0,00	32,70	32,70	GFBA	Fm. Mértola	Grauvaques e Xistos					Alternância entre xistos negros e grauvaques, de cor cinza escuro, com abundantes veios de Qtz. Cimento à boca do furo de 0,25cm	N	10,00-16,00m: PF com abundante Qtz de exsudação.			
32,70	34,65	1,95	CVS	Unidade JC	Chertes e Xistos	Ser & Carb					Nível constituído por carbonatos, chertes e xistos sericíticos, com nível submaciço de Py no intervalo 33,20 - 34,35 m.	G			
34,65	43,00	8,35	Minério Maciço					ME		Minério maciço a brechificado essencialmente constituído por Py e com venulações irregulares e disseminações de Td-Tn e Sp. Presença de fraturas tardias preenchidas por Qtz.	G	36,00 - 37,00m: PF com Py fraturada.			
43,00	46,00	3,00						MC		Minério brechificado essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy em fraturas.	G				
46,00	47,00	1,00						ME		Minério maciço a brechificado essencialmente constituído por Py.	G				
47,00	48,00	1,00						MC		Minério essencialmente constituído por Py maciça, de granularidade fina, brechificada e com fraturas preenchidas por Cpy.	G				
48,00	51,00	3,00						MCZ		Minério maciço bandado (bandas milimétricas) constituído por Py+Cpy+Sp+Td-Tn.	G				
51,00	61,00	10,00						MC		Intercalação de zonas de minério maciço com zonas brechificadas, constituídas por Py e quantidades acessórias de Cpy (em micro-fraturas). Raras fraturas tardias preenchidas por Carb.	G		Z38 - 59,85		
61,00	66,00	5,00						ME		Minério brechificado constituído por Py, de granularidade fina a média, com venulações de Td-Tn.	G	64,40 - 65,30 m: PF com Py fraturada.			
66,00	67,75	1,75						MC		Minério com bandado incipiente, constituído por Py, de granularidade fina a média, e venulações irregulares de Td-Tn e disseminações de Sp. Presença de Cpy remobilizada.	G				
67,75	161,05	93,30	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FC FE FC		V1 com intercalações cm de xistos negros. Presença de stockwork constituído por Py e quantidades significativas de Cpy nos intervalos: 67,75 - 72 m; 78,00-79,05m; 118,00 - 122,00m e 126,00-133,00 m. Minério submaciço piritoso no intervalo 67,75 - 71,00 m. No intervalo 72,00-133,00m o minério é FC com passagens de rocha encaixante estéril.		82,30 - 83,10 m: F sub-paralela á sondagem; 133,00 - 133,30 m: material brechificado em xistos.			
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre;MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação															

Tabela XI.4 - Re-logging da sondagem FZ297.

Log original realizado por:					Estação:	C850GP2
Geólogo :	Miguel Gonçalves	Data :	04/04/2005	Sondagem : FZ297	Perfil :	18,00

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	15,90	15,90	CVS	Fm. De Grandaços	Xistos	Ser & Chl PI				Xistos compactos de cor esverdeada (aparentemente xistos sericíticos) a cinza escuro/negro, com veios milimétricos de Qtz	F	15,70 - 15,90 m: F com argilização	
15,90	25,70	9,80			Vulcanoclástica fêlsica (V3)	Ser				V3 com raras intercalações de xistos, muito alteradas e fraturadas no final do intervalo.	PF	17,10 - 17,50 m : F com intensa fraturação e argilização 25,65 - 25,70m: PF com alguma argilização	
25,70	27,00	1,30	Minério Maciço				MC			Nos primeiros 20cm este é bandado, com bandas de Py (de diferentes granularidades) e de Sp + Td-Tn. É intersetado por microfraturas preenchidas por calcopirite. Passa a minério maciço, maíos ou menos brechificado, com domínios de recristalização da pirite. É intersetada por fraturas preenchidas por Sp+Td-Tn±Carb.	G		
27,00	29,00	2,00					MZP			Minério maciço piritoso com diferentes domínios de recristalização da Py (que confere textura brechificada), intersetado por microfraturas preenchidas por Sp+Td-Tn±Carb.	G		
29,00	30,00	1,00					MZ			Intervalo semelhante ao anterior, com aumento da quantidade de microfraturas preenchidas por Sp+Td-Tn±Carb.	G		
30,00	30,70	0,70					MZP			Minério maciço piritoso, pouco fraturado, intersetado por vénulas preenchidas por Sp+Td-Tn±Carb.	N		
30,70	55,95	25,25	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Xistos compactos com raras intercalações cm de grauvaques, com abundante Qtz leitoso	N	30,70 - 31,15 m : F com esmagamento intenso e argilização	
55,95	58,00	2,05	CVS	Unidade JC	Carbonatos e Xistos	Ser & Carb				Nível constituído por carbonatos e xistos sericíticos.	G		
58,00	59,00	1,00	Minério Maciço				MC			Minério maciço piritoso, de granularidade fina, muito fraturado no final do intervalo.	G		
59,00	62,00	3,00					ME			Minério essencialmente constituído por Py, de granularidade fina, muito fraturado e brechificado. No final do intervalo (últimos 30 cm) zona de fraturação intensa.	G	61,70 - 64,00 m: F com zona de intensa brechificação e fraturação;	
62,00	63,00	1,00					MC			Zona de intensa brechificação, sem intervalos de rocha coerentes.	G		
63,00	65,00	2,00					ME				G		
65,00	67,00	2,00					MP			Minério essencialmente constituído por Py, fraturado, brechificado e com disseminações de Gn+Sp.	G		Z55 - 66,50
67,00	68,00	1,00					MZP			Minério piritoso, com diferentes zonas de granularidade da Py.	G		
68,00	69,00	1,00					MCZ			Minério brechificado constituído por Py e Sp (sob a forma de venulações).	G		
69,00	70,00	1,00					MZP			Intervalo com oxidação intensa sendo apenas possível distinguir zonas brechificadas de Py.	G		
70,00	71,00	1,00					MC			Intervalo com fraturação intensa com intervalos esporádicos cm de minério piritoso fraturado e brechificado.	G	70,00 - 79,60m: F com fraturação intensa e com passagens cm de rocha mais coerente.	
71,00	93,80	22,80					ME				G	79,60 - 82,40 m: F com zona de intensa brechificação e fraturação; 89,45 - 93,00 m: F com zona de intensa brechificação e fraturação	
93,80	109,50	15,70	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Ser & Chl		FE		V1 com stockwork esparsos piritosos à exceção do intervalo 108,90 - 109,50 onde este está concentrado e rico em Cpy.	G		
109,50	192,20	82,70			Vulcânica coerente fêlsica/ Metapelitos com contribuição vulcânica (V1/V7)	Ser & Chl		FC					
							FE		V7 com intercalações de V1, com stockwork piritoso, localmente com níveis ricos em Cpy. No intervalo 116,00 - 171,00m o minério é FE com passagem de FC dos 142,00 aos 144,00m e passagens métricas de V7 estéril.		142,00 - 142,30 m : F com intensa argilização.		

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação;
MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.5 - Re-logging da sondagem FZ301.

Log original realizado por:												Estação:	C850GP1E	
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	07/04/2005		Sondagem : FZ301							Perfil :	18,50

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)	
0,00	58,95	58,95	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Xistos negros com intercalações centimétricas a decimétricas de grauvaques deformados, com abundante Qtz de exsudação. A quantidade de grauvaques aumenta para o fim do intervalo, passando estes a serem abundantes aos 46,50m. Até aos 40m, devido à elevada deformação, aparenta corresponder a zona de cisalhamento. Passagem de xistos sericíticos no intervalo 23.80 - 25.70m.	PF	3,00 - 6,45 m: F com intensa fraturação e argilização; 20,90 - 21,15 m : F com argilização; 45,20 - 45,55 m: F com argilização.		
58,95	61,30	2,35	CVS	Unidade JC (?)	Xistos	Ser				Xistos negros com intercalações centimétricas de xistos sericíticos.	N			
61,30	63,00	1,70	Minério Maciço					ME		Minério maciço constituído essencialmente por Py de granularidade fina	G			
63,00	64,00	1,00						MP		Minério maciço constituído essencialmente por Py de granularidade fina e com venulações milimétricas de Sp e Gn.	G			
64,00	65,00	1,00						MC		Alternância entre MC: minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminada ou em fraturas e Td-Tn disseminada ou em vénulas e ME: minério maciço constituído essencialmente por Py. No intervalo 77,50 - 80,00m o minério apresenta-se bandado.	G			
65,00	67,00	2,00						ME			G		Z6 - 66,10	
67,00	68,00	1,00						MC			G			
68,00	69,00	1,00						ME			G			
69,00	80,00	11,00						MC			G		Z5 - 79,60	
80,00	91,00	11,00						MCZ		Minério bandado, com alternâncias de bandas milimétricas a centimétricas constituídas por Py, Cpy e Td-Tn e Sp. Estas bandas por vezes apresentam-se perturbadas e localmente brechificadas. No intervalo 89,60 - 91,00 passa a minério maciço constituído essencialmente po Py e Cpy, presente em fraturas tardias.	G		Z4 - 85,60	
91,00	94,05	3,05	MC		Minério maciço, localmente brechificado, constituído essencialmente por Py e Cpy, presentes em fraturas tardias.	G								
94,05	114,00	19,95	CVS	Vulcânica coerente fêlsica (V7)		Chl & Carb		FC		V7, com raras intercalações de xistos, com stockwork muito concentrado, quase minério submaciço, constituído essencialmente por Py e quantidades acessórias de Cpy, de granularidade fina.	G			
114,00	137,00	23,00						FE						
								FC						
								FE						
137,00	190,10	Metapélito com contribuição vulcânica (V1)		Chl & Carb		FE		V1, localmente com intercalação de xistos negros, com stockwork constituído por veios milimétricos a decimétricos constituídos por Py e quantidades acessórias de Cpy. No intervalo 94,05 a 114,00 é onde este se encontra mais concentrado. Presença de quantidades acessórias de Qtz e Carb ao longo de todo o intervalo.	G	125,40 - 126,40 m: F com intensa argilização e fraturação.				
						FC								
						FE								
						FC								
137,00	190,10	Vulcânica coerente fêlsica/ Metapélitos com contribuição vulcânica (V1/V7)		Chl		FC		V7 com intercalação de V1 e stockwork esparsa constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py e quantidades acessórias de Cpy. Nos intervalos 137,00 - 140,00 e 147,00 - 151,00 este encontra-se concentrado e apresenta maior quantidade de Cpy. Ao longo de todo o intervalo existem veios milimétricos de Qtz e Carb.		161,65 - 162,10 m: PF com alguma argilização.				
						FC								
						FE								

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.6 - Re-logging da sondagem FZ306.

Log original realizado por:												Estação:	C850GP2
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	22/03/2005			Sondagem : FZ306					Perfil :	18,00
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	22,40	22,40	CVS	Fm. De Grandaços	Xistos	Ser & Chl PI				Intercalação entre xistos de cor cinza escura e verde (possivelmente sericíticos), com raros veios de Carb e Qtz. Aos 18,60m a xistos negros com veios cm de Py grosseira. Presença de abundante Qtz de exsudação na zona do contacto com a unidade anterior.	N		
22,40	78,80	56,40			Vulcanoclástica fêlsica (V7)	Ser				V7 de teto do Zambujal, com raros veios de Qtz e sem mineralização.	F	54,15 - 54,60 m: F com intensa argilização; 78,00 - 78,80 m: F com argilização.	
78,80	80,00	1,20	Minério Maciço					ME		Minério maciço, localmente brechificado, essencialmente constituído por Py de grão fino.	G		
80,00	86,00	6,00						MP		Minério maciço essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Td-Tn, Gn e Sp sob a forma de vénulas. Estas por vezes apresentam orientação preferencial definindo bandado. O intervalo apresenta-se bastante fraturado.	G	85,40 - 85,50 m: F com argilização e intensa fraturação.	
86,00	87,00	1,00						MC		Minério brechificado essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy em microfraturas.	G		
87,00	89,20	2,20						MP		Minério maciço essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Sp, Gn e Td-Tn sob a forma de venulações ou a preencher pequenas fraturas.	N		
89,20	100,95	11,75	CVS	Unidade JC	Xistos	Chl & Carb				Nível constituído por xistos sericíticos, xistos ferruginosos, xistos negros e xistos cinzas.	PF		
100,95	112,00	11,05	Minério Maciço					MP		Minério maciço e/ou brechificado constituído por Py e Sp, Gn e Td-Tn sob a forma de disseminações ou venulações.	G		
112,00	115,00	3,00						MC		Minério maciço essencialmente constituído por Py, de granularidade fina e grosseira, e quantidades acessórias de Sp e Td-Tn, disseminadas na matriz piritosa, e Cpy em microfraturas.	G		
115,00	117,00	2,00						MP		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp, Gn e Td-Tn sob a forma de disseminações ou venulações.	G		
117,00	118,00	1,00						MZP		Minério maciço, localmente brechificado, essencialmente constituído por Py, de granularidade fina e grosseira, e quantidades menores de Td-Tn, Sp e Gn.	G		
118,00	119,00	1,00						MP		Minério maciço essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Gn e Td-Tn sob a forma de venulações ou disseminações	G		
119,00	120,00	1,00						MZ		Minério maciço essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Sp e Td-Tn sob a forma de venulações ou disseminações	G		
120,00	121,00	1,00						ME		Minério maciço a brechificado constituído por Py.	G		
121,00	122,00	1,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e vénulas e disseminações de Td-Tn, Sp e Gn.	G		
122,00	123,00	1,00						MZ		Minério maciço (no fim do intervalo brechificado) essencialmente constituído por Py e vénulas de Sp.	G		
123,00	124,00	1,00						MP		Minério brechificado constituído por Py e disseminações de Gn.	G		
124,00	125,00	1,00						MZ		Minério maciço essencialmente constituído por Py e disseminações de Sp.	G		
125,00	127,00	2,00						MZP		Minério maciço a brechificado com Py de granularidade fina e grosseira, com venulações de Sp, Gn e Td-Tn. No final do intervalo, há presença de fraturas com Qtz e Py brechificada.	G		
127,00	129,00	2,00						MZ		Alternância entre MZ: minério maciço a brechificado com Py de diferentes granularidades (fina a grosseira) com venulações e disseminações de Sp e Td-Tn e ME: minério maciço constituído essencialmente por Py.	G		
129,00	137,00	8,00						ME			G		
137,00	138,00	1,00						MZ			G		
138,00	139,00	1,00						ME			G		
139,00	141,00	2,00						MZ			G		
141,00	155,00	14,00						ME			G		
155,00	159,00	4,00						MC		Minério maciço constituído por Py de granularidade fina e grosseira e Cpy a preencher pequenas fraturas.	G		
159,00	182,70	23,70						MCZ		Minério bandado, com alternâncias de bandas de Py, Cpy e Sp e Td-Tn até aos 170,00 m. A partir desta metragem este apresenta-se brechificado com clastos de Py e Cpy cimentados por Sp e Td-Tn.	G		Z1 - 175,20 Z2 - 171,20 Z3 - 160,40
182,70	229,20	46,50	CVS		Vulcânica coerente fêlsica (V7)	Chl		FC FE FC FE FC FE		V7 com stockwork constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py e quantidades acessórias de Cpy esparsas à exceção dos intervalos 182,70 - 184,00, 188,00 - 208,00 e 218,00 - 222,00 onde este se encontra concentrado. A passagem de minério maciço às vulcânicas é feita por nível de V1 (até aos 193,00m) muito mineralizado.			

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp - esferite; Gn - galena; Fm - formação;
MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.7 - Re-logging da sondagem FZ313.

Log original realizado por:											Estação:		C850GP2		
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	14/04/2005		Sondagem : FZ313							Perfil :		18,50
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural		Amostragem (m)	
0,00	22,95	22,95	CVS	Fm. De Grandaços	Xistos	Ser				Xistos de cor esverdeada a cinza escuros	N				
22,95	28,15	5,20		Unidade JC (?)	Xistos e carbonatos	Ser P1				Possível JC constituído por xistos cinzentos a negros, bastante deformados, com abundante Qtz de exsudação, com carbonatos e passagem de Py grosseira dos 26,10 aos 26,80m.	PF				
28,15	66,75	38,60			Vulcanoclástica fêlsica (V3/V7)	Ser				Vulcânicas sem mineralização, com veios de Qtz em todo o intervalo.	N	57,00 - 57,10 m: F com argilização			
66,75	68,20	1,45	Minério Maciço					MP		Minério piritoso bandado, com bandas de Py de granularidades diferentes (fina e média) e com vénulas de Sp e Td-Tn	F	68,00 - 68,20 m: F com argilização.			
68,20	80,00	11,80	CVS	Unidade JC	Xistos e Chertes	Ser & Carb			Nível constituído por xistos sericiticos, xistos muito deformados cinza e chertes muito mineralizados. Passagem de pirite semi-maciça dos 77,75 - 80,00 m						
80,00	88,00	8,00	Minério Maciço						MC		Minério piritoso, bastante fraturado, com disseminações de Td-Tn e fraturas preenchidas por Cpy.	G	82,10 - 83,25 m: F com argilização e fraturação intensa.		Z11 - 84,75
88,00	98,00	10,00						ME		Minério muito fraturado e brechificado, essencialmente constituído por Py.	PF	91,40 - 98,00 m: F com minério brechificado, poroso e com intensa fraturação. Perda de recuperação de 1,00 m aos 94,00m.			
98,00	99,00	1,00						MC		Minério muito fraturado e brechificado, essencialmente constituído por Py e micro-fraturas preenchidas por Cpy.	PF	98,00 - 99,00 m: F com minério brechificado, poroso e com intensa fraturação.			
99,00	101,00	2,00						ME		Minério muito fraturado e brechificado, essencialmente constituído por Py.	PF	99,00 - 101,00 m : F com minério brechificado e muito fraturado			
101,00	103,00	2,00						MC		Minério muito fraturado e brechificado, essencialmente constituído por Py e fraturas preenchidas por Cpy.	G				
103,00	132,00	29,00						MCZ		Minério bandado até aos 110,00m , com alternância entre bandas de Py, Td-Tn e Sp+Td-Tn. Passa a minério maciço, localmente brechificado, constituído por Py+Cpy e vénulas e/ou disseminações de Sp+Td-Tn.	G	126,60 - 127,00 m: PF com minério muito fraturado		Z12 - 121,00	
132,00	133,00	1,00						ME		Minério essencialmente constituído por Py.	G				
133,00	134,00	1,00						MZ		Minério essencialmente constituído por Py e disseminações de Sp	G				
134,00	138,00	4,00						ME		Minério essencialmente constituído por Py muito fraturado.	G	136,65 - 137,00 m : PF com intensa fraturação.			
138,00	140,50	2,50	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FC		Minério maciço piritoso, com Py de diferentes granularidades (fina a média), vénulas de Sp e Td-Tn e fraturas com Cpy.	G				
140,50	180,80	40,30								V1 com stockwork constituído por vcios mm a cm de Py vénulas de Chl e Qtz. Passagem de minério submaciço constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy dos 140,50 aos 145,05 m.		172,75 - 172,85 m: F com argila			
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; P1 - pouco intensa; Sil - silicificação															

Tabela XI.8 - Re-logging da sondagem FZ320.

Log original realizado por:											Estação:		C850GP2
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	28/04/2005		Sondagem : FZ320					Perfil :		19,00
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	23,95	23,95	CVS	Fm. De Grandaços	Xistos					Xistos siliciosos compactos com nódulos carbonatados.	PF	23,80 - 23,95m: PF com rocha fraturada.	
23,95	103,45	79,50			Vulcanoclástica félsica (V3/V7)	Ser				Intercalação entre V3 e V7 de teto do Zambujal, sem mineralização associada. Presença de veios de Qtz ao longo do intervalo.	N	95,35 - 95,90 m: PF com brechificação e argilização 96,20 - 96,30 m: PF com argilização	
103,45	105,00	1,55	Minério Maciço					ME		Minério maciço piritoso com disseminações e/ou vénulas de Sp, com mais expressão nos primeiros 50 cm do intervalo.	G		
105,00	110,00	5,00						MC		Minério essencialmente constituído por Py e fraturas preenchidas por Cpy.	G		
110,00	112,00	2,00						ME		Minério fraturado constituído por Py.	G		
112,00	116,00	4,00						MC		Minério maciço essencialmente constituído por Py, disseminações de Td-Tn e fraturas preenchidas por Cpy, à exceção do intervalo 113,60 - 114,00m onde o minério se encontra bandado. Neste é visível a alternância entre bandas constituídas por Py e por Sp+Td-Tn.	G		
116,00	118,00	2,00						MCZ		Minério bandado, com alternância entre bandas constituídas por Py+Cpy e por Sp+Td-Tn.	G		
118,00	120,00	2,00						MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy sob a forma de disseminações.	G		
120,00	124,00	4,00						ME		Minério constituído por Py, bastante fraturado.	G		
124,00	126,00	2,00						MZ		Minério constituído por Py de diferentes granularidades (fina a média) e por vénulas de Td-Tn e Sp.	G		
126,00	132,00	6,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp, Gn e Td-Tn.	G		Z25 - 138,63
132,00	133,00	1,00						ME		Alternância entre MZ - minério constituído maioritariamente por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn, e ME - minério fraturado constituído por Py.	G		
133,00	135,00	2,00						MZ			G		
135,00	137,00	2,00						ME			G		
137,00	142,00	5,00						MZ			G		Z26- 139,50
142,00	147,10	5,10						ME			PF	143,95 - 147,20 - F com fraturação intensa e perda de recuperação de 1,15m aos 143,95m	
147,10	148,00	0,90						MZ			G		
148,00	150,00	2,00						ME			G		
150,00	195,70	45,70	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FE FC	V1 com stockwork constituído por veios mm a cm de Py e Cpy e vénulas de Chl e Qtz. No intervalo 150,00 - 157,00m o minério é FE com passagem de FC dos 151,10 aos 153,00 m.			150,10 - 150,20: F com argilização	
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação													

Tabela XI.9 - Re-logging da sondagem FZ322.

Log original realizado por:											Estação:		C850GP2			
Geólogo :		Miguel Gonçalves		Data :		28/04/2005		Sondagem : FZ322					Perfil :		18,50	
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha		Tipo de alteração		Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)	
0,00	21,30	21,30	CVS	Fm. De Grandãos	Xistos					MP		Xistos compactos siliciosos, de cor cinza escura, com nódulos carbonatados e com intercalações de vulcânicas para o topo. Veios de Qtz abundantes a partir dos 17,70 m. Presença de veios de Py no contacto com a unidade seguinte	PF			
21,30	61,75	40,45			Vulcanoclástica fêlsica (V3/V7)		Ser					V7 de teto do Zambujal com intercalações de V3, tornando-se esta dominante no final do intervalo.	PF	52,20 - 53,00 m: F com argilização 55,80 - 55,85 m :F com argilização 61,70 - 61,75 m :PS com Qtz e intensa fraturação		
61,75	63,65	1,90	Minério Maciço									Minério maciço constituído maioritariamente por Py, de granularidade fina a média, e por quantidades acessórias de Gn e Td-Tn presentes em vénulas	F	63,60 - 63,65: F com argilização		
63,65	65,35	1,70	CVS	Unidade JC	Xistos e Carbonatos		Chl					Nível constituído por Xistos sericíticos, xistos cinza escuros e carbonatos.	F	64,15 - 64,30 m : F com argilização 64,85 - 64,95 m: F com argilização 65,10 - 65,35 m: F com fraturação e argilização		
65,35	68,55	3,20	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques							Grauvaques com intercalações de xistos negros, com abundante Qtz de exsudação. Passagem de xistos sericíticos no intervalo 65,90 - 66,20m.	PF			
68,55	72,00	3,45	CVS	Unidade JC	Xistos e Chertes		Chl					Nível constituído por xistos sericíticos, níveis de Py maciça e chertes.	G			
72,00	73,00	1,00	Minério Maciço						ME		Minério maciço constituído por Py	G				
73,00	76,00	3,00							MC		Minério maciço essencialmente constituído por Py e por quantidades acessórias de Td-Tn e Cpy disseminadas.	G				
76,00	77,00	1,00							ME		Minério maciço constituído por Py	G				
77,00	88,00	11,00							MC		Minério maciço maioritariamente constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminadas ou em vénulas e rara Td-Tn disseminada. A partir dos 85,00m há aumento da quantidade de Td-Tn e Sp disseminada.	G		Z7 - 78,35 Z8 - 86,30		
88,00	91,00	3,00							MCZ		Minério maciço, incipientemente bandado até aos 89,50m, constituído por Py, Cpy, Td-Tn e Sp.	G				
91,00	92,00	1,00							MC		Minério maciço constituído por Py e por Cpy, a preencher fraturas.	G				
92,00	107,00	15,00							MCZ		Minério bandado constituído por Py, Cpy, Td-Tn e Sp. É de salientar que o bandado por vezes encontra-se perturbado e o intervalo encontra-se fraturado.	G	104,90 - 105,10 m: F com fraturação intensa	Z9 - 99,05 Z10 - 100,60		
107,00	109,00	2,00							MC		Minério maciço brechificado essencialmente constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas.	G				
109,00	110,00	1,00							ME		Alternância entre minério muito fraturado constituído por Py e minério constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp disseminadas ou em pequenas vénulas.		Intervalo com fraturação intensa, com passagens cm de rocha mais competente.			
110,00	113,00	3,00							MZ							
113,00	114,00	1,00							ME							
114,00	117,00	3,00							MZ							
117,00	120,00	3,00							MC		Intervalo com minério intensamente fraturado.	F				
120,00	121,00	1,00							MCZ		Minério maciço constituído por Py, Cpy, Td-Tn e Sp.	G				
121,00	122,30	1,30							MC		Minério essencialmente constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas. Raras fraturas tardias preenchidas por Qtz.	G				
122,30	174,25	51,95	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica/ Vulcânica coerente fêlsica (V1/V7)	Chl & Sil			FC		V1 seguido de V7, sendo que este se torna dominante a partir dos 145,00m, com stockwork constituído por veios mm a dm de Py e quantidades acessórias de Cpy. Presença de vénulas de Chl e Qtz em todo o intervalo. No intervalo 124,00 - 138,00m o minério é FC com intercalações de V1 estéril e no intervalo 138,00 - 166,00m o minério é FE com intercalações métricas de rocha vulcânica estéril e FC.					
									FE							
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação																

Tabela XI.10 - Re-logging da sondagem FZ327.

Log original realizado por:											Estação:		C850GP2	
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	10/05/2005		Sondagem : FZ327						Perfil :		18,50
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)	
0,00	19,10	19,10	CVS	Fm. De Grandaços	Xistos	Ser				Xistos compactos de cor cinza esverdeado, com intercalações centimétricas a decimétricas de grauvaques a partir dos 16,65m. Presença de veios de Qtz de exsudação.	G			
19,10	20,80	1,70	CVS	Unidade JC	Xistos e Carbonatos	Chl PI				Carbonatos seguidos de xistos negros, com mineralização de Py grosseira. Qtz abundante em todo o intervalo	N			
20,80	66,50	45,70			Vulcanoclástica fêlsica (V3/V7)	Ser & Sil				Intercalação entre V3 e V7 de teto do Zambujal, sem mineralização associada.	N			
66,50	67,44	0,94			Xistos	Ser PI				Possível JC constituído por veio de Py maciça seguido por xistos e xistos sericíticos.	PF	67,40-67,44m : PF com alguma argilização		
67,44	68,60	1,16	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Xistos negros com intercalações de grauvaques.	PF	68,45 - 68,50m: PF com fraturação acompanhada de alguma argilização		
68,60	75,45	6,85	CVS	Unidade JC	Xistos e Jaspes	Chl				Nível constituído por xistos, xistos sericíticos, jaspes e carbonatos.	G			
75,45	78,00	2,55	Minério Maciço						MC		Alternância entre minério maciço constituído essencialmente por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminadas na Py (MC) e minério muito fraturado constituído por Py (ME). É de salientar que a partir dos 95,00m há aumento da quantidade de Cpy e de Td-Tn.	G		
78,00	85,00	7,00							ME			G	80,00 - 82,50m: F com minério fraturado e brechificado	
85,00	87,00	2,00							MC			F	86,70 - 88,00 m: F com minério muito fraturado.	
87,00	88,00	1,00							ME			G		
88,00	97,00	9,00							MC			G		Z16 - 90,50
97,00	106,00	9,00							MCZ		Minério incipientemente bandado a bandado, localmente perturbado, constituído por Py, Cpy, Sp e Td-Tn.	G		Z17A - 104,10 Z17B - 104,25
106,00	107,00	1,00							ME		Alternância entre minério constituído por Py, fraturado (ME) e minério constituído por Py e por Sp e Td-Tn disseminado ou em vénulas (MZ). Intervalo muito fraturado.	G		
107,00	121,00	14,00							MZ			G	109,20 - 110,00 m: F com fraturação intensa 111,50 - 113,50 m: F com fraturação intensa 117,00 - 124,00 m: F com fraturação intensa	
121,00	124,00	3,00							ME			G		
124,00	127,00	3,00	MZ		G									
127,00	130,10	3,10				MCZ		Minério maciço constituído por Py e vénulas de Cpy, Sp e Td-Tn.	G					
130,10	209,65	79,55	CVS		Vulcânica coerente fêlsica/ Metapélito com contribuição vulcânica (V1/V7)	Chl & Sil		FC		V7 com intercalações de V1, com stockwork constituído por veios de Py e quantidades acessórias de Cpy. Minério submaciço até aos 134,90 m. No intervalo 171,00 - 199,00m o minério é FC com passagens métricas de rocha vulcânica estéril e de FE.				
								FE						
								FC						
								FE						
								FC						

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.11 - Re-logging da sondagem FZ330.

Log original realizado por:											Estação:		C850GP2
Geólogo :	Miguel Gonçalves		Data :	17/05/2005		Sondagem : FZ330					Perfil :		18,50
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	18,95	18,95	CVS	Fm. De Grandaços (?)	Xistos	Ser				Xistos compactos de cor cinza esverdeado a escuro. No final do intervalo estes apresentam-se deformados e com abundante Qtz.	N		
18,95	21,30	2,35		Unidade JC	Carbonatos e Xistos	Carb e Sil				Carbonatos avermelhados com abundante Py disseminada seguidos de xistos negros.	N	21,25 - 21,30 m: PF com abundante Qtz	
21,30	70,50	49,20			Vulcanoclástica fêlsica (V3/V7)	Ser & Sil				V3 seguida de V7 de teto do Zambujal, sem mineralização associada.	F	69,35 - 69,65m: PF com fraturação acompanhada de alguma argilização 70,00 - 70,50m : F com intensa argilização	
70,50	73,30	2,80	Minério Maciço					MP		Minério maciço constituído por Py, com diferentes granularidades, definindo bandado incipiente, e por quantidades acessórias de vénulas de Sp e Gn.	N		
73,30	84,80	11,50	CVS	Unidade JC	Xistos e Chertes	Carb				Nível constituído por xistos, xistos sericíticos, carbonatos e chertes mineralizados e nível de Py maciça.	N	73,30 - 73,35m: PF com xistos muito deformados	
84,80	90,00	5,20	Minério Maciço						MC	Minério maciço constituído essencialmente por Py, de diferentes granularidades, e por quantidades acessórias de Td-Tn em vénulas.	F	89,10 - 90,00m: F com intensa fraturação	
90,00	94,00	4,00							ME	Minério muito fraturado e brechificado constituído essencialmente por Py. Todo o intervalo poderá corresponder a zona de falha.	F	90,00 - 93,65m: F com fraturação intensa. Perda de recuperação de 1,10m aos 92,10m	
94,00	97,00	3,00							MC	Minério constituído maioritariamente por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminadas.	N		
97,00	99,00	2,00							ME	Minério maciço fraturado constituído por Py.	G		
99,00	111,00	12,00							MC	Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminadas e Td-Tn em vénulas.	G		Z13 - 103,50
111,00	120,00	9,00							MCZ	Minério maciço, localmente bandado, constituído por Py, Cpy, Sp, Td-Tn e Gn. A quantidade de Cpy, Td-Tn, Sp e Gn diminui para o final do intervalo.	G	119,00 - 119,50 m: F com fraturação intensa	Z14 - 112,35 Z15 - 113,85
120,00	121,00	1,00							MC	Minério maciço essencialmente constituído por Py.	G		
121,00	125,00	4,00							ME		G		
125,00	130,00	5,00							MZ	Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn disseminadas ou em vénulas. Passagem de minério muito rico em Sp dos 126,35m aos 128,35m.	G		
130,00	133,00	3,00							ME	Minério maciço constituído maioritariamente por Py.	G		
133,00	134,00	1,00							MZP	Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn que ocorrem sob forma disseminada.	G		
134,00	137,20	3,20							MC	Minério maciço constituído por Py, e granularidade fina a média, e por Td-Tn e Sp em vénulas e Cpy disseminada.	G		
137,20	198,70	61,50	CVS		Metapelite com contribuição vulcânica/ Vulcânica coerente fêlsica (V1/V7)	Chl & Sil		FC FE	VI com intercalações de V7, com stockwork constituído por veios de Py e quantidades acessórias de Cpy. Passagem de rocha intensamente alterada dos 180,00 aos 188,00m. No intervalo 155,00 - 195,00 o minério é FC com passagens métricas de FC e de rocha vulcânica estéril.				
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação													

Tabela XI.12 - Re-logging da sondagem FZ339.

Log original realizado por:										Estação:	C850GP1E
Geólogo :	Miguel Gonçalves	Data :	09/08/2005	Sondagem : FZ339					Perfil :	18,50	

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	20,00	20,00	CVS	Fm. De Grandãos	Xistos					Xistos de cor cinza escura a negra, com nódulos carbonatados. Presença de Qtz de exsudação em todo o intervalo sendo mais abundante a partir dos 12,00. Cimento à boca do furo de 20cm.	F	9,20 - 9,40m: PF com material fraturado e argilizado 19,90 - 20,00m: F com Qtz e alguma argilização	
20,00	37,50	17,50	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Alternância entre xistos negros e grauvaques. A partir dos 29,00m há Qtz de exsudação abundante e os xistos estão muito deformados, podendo possivelmente corresponder a zona de falha. Passagem de xistos sericíticos dos 35,10m aos 35,45m.	G	33,85 - 34,15m : PF com argilização e fraturação.	
37,50	39,90	2,40	CVS	Unidade JC	Xistos e carbonatos	Carb				Nível constituído por xistos cinzentos e carbonatos	N		
39,90	41,00	1,10	Minério Maciço					MP		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Gn e Td-Tn disseminadas ou em vénulas.	G		
41,00	66,00	25,00						ME		Minério muito fraturado, com passagens centimétricas de rocha coerente, essencialmente constituído por Py.	G	45,80 - 59,20 m: F com fraturação intensa, localmente com cominuição forte do minério	Z27 - 62,70
66,00	67,00	1,00						MC		Minério maciço fraturado essencialmente constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada	G		
67,00	69,00	2,00						ME		Minério maciço fraturado constituído por Py.	G		
69,00	72,00	3,00						MC		Minério maciço essencialmente constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada e em fraturas.	G		
72,00	79,00	7,00						MCZ		Intervalo muito fraturado com passagens centimétricas a decimétricas de rocha coerente. Nesta passagens o minério é constituído por Py, Cpy e vénulas de Td-Tn e Sp.	G	72,05 - 77,00m : F com fraturação intensa com intercalação de zonas de rocha coerente	
79,00	86,70	7,70						ME		Intervalo com fraturação intensa	F	79,30 - 86,65m : F com fraturação intensa, com cominuição forte na maior parte do intervalo. Perda de recuperação elevada	
86,70	102,30	15,60	CVS		Metapelite com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FE		V1 com stockwork constituído por veios milimétricos a centimétricoa de Py e rara Cpy.	G		
102,30	103,00	0,70	Minério Maciço					MCZ		Minério maciço constituído por Py, Cpy e vénulas de Td-Tn e Sp.	G		
103,00	104,00	1,00						MC		Minério essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminada e Td-Tn em vénulas	G		
104,00	104,80	0,80						MCZ		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp e Td-Tn.	G		
104,80	105,50	0,70						MC		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy em fraturas ou disseminada. Presença de fraturas tardias preenchidas por Qtz.	G		
105,50	140,15	34,65	CVS		Metapelite com contribuição vulcânica/ Vulcânica coerente félsica (V1/V7)	Chl		FC		V1 seguido de V7 com stockwork até aos 107,00m constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py e Cpy. Qtz abundante em todo o intervalo.			

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação;
MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.13 - Re-logging da sondagem FZ402.

Log original realizado por:												Estação:	C850GP1E
Geólogo :	Sónia Vila	Data :	12/06/2006	Sondagem : FZ402							Perfil :	19,00	

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	6,05	6,05	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Intercalação entre xistos negros e grauvaques	F		
6,05	30,40	24,35	CVS		Xistos	Chl PI				Xistos negros com raros nódulos piríticos, abundante Qtz de exsudação e possíveis intercalações de rochas vulcânicas (?).	F	6,05 - 15,90m: F com banda de Qtz maciço entre os 8,75 - 12,10m. 29,40 - 30,40m : F com argila e Qtz.	
30,40	31,90	1,50	Minério Maciço					ME		Minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a média.	N		
31,90	33,00	1,10	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Ser		FE		V1 com <i>stockwork</i> esparsos constituído por veios mm de Py	PF	32,80 - 33,00 m: PF com Qtz	
33,00	43,00	10,00			Vulcanoclástica félsica (V7)	Ser				V7 de teto do Zambujal sem mineralização associada.	F	42,00 - 43,00 m: PF com Qtz e rochas vulcânicas deformadas.	
43,00	55,80	12,80	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Intercalação entre xistos negros e grauvaques	N	43,00 - 49,30m : F com argila até aos 43,20 seguido de Qtz.	
55,80	58,60	2,80	CVS	Unidade JC	Xistos	Ser & Carb				Nível constituído por xistos, xistos sericíticos, chertes e nível de pirite maciça dos 58,00 aos 58,45m.	N		
58,60	67,90	9,30	Minério Maciço					MC		Minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a média, e Cpy em fraturas.	G		Z33 - 61,05 Z39A - 63,40 Z39B - 63,45
67,90	75,30	7,40	CVS		Vulcanoclástica félsica (V7)	Carb				Vulcânicas com alteração carbonatada intensa. Aparenta Py e Cpy em fraturas ou em veios.	N		
75,30	76,00	0,70	Minério Maciço					MC		Minério maciço constituído por Py e por Cpy em fraturas	G		
76,00	77,00	1,00						MP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Gn e Td-Tn	G		
77,00	78,00	1,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp e Td-Tn	G		
78,00	81,00	3,00						MZP		Minério maciço, localmente com bandado incipiente, constituído por Py e vénulas de Sp e Td-Tn.	G		Z34 - 79,83
81,00	83,00	2,00						MZ		Minério maciço constituído maioritariamente por Py e por vénulas de Sp	G		
83,00	90,00	7,00						ME		Minério fraturado constituído essencialmente por Py.	PF	84,00 - 90,00m : F com fraturação de minério.	
90,00	104,00	14,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn em vénulas.	G	90,00 - 92,30 m: PF com minério fraturado	Z35 - 100,95
104,00	108,90	4,90						MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp que, por vezes, conferem aspeto bandado incipiente.	F		
108,90	109,20	0,30	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Ser				Nível de V1 muito fraturado	F		
109,20	114,00	4,80	Minério Maciço					MZ		Minério maciço constituído por Py e por abundantes vénulas de Sp e Td-Tn	G		
114,00	119,00	5,00						MZP		Minério maciço constituído maioritariamente por Py e por vénulas de Sp, Gn e Td-Tn	G		
119,00	121,00	2,00						ME		Minério maciço constituído essencialmente por Py.	G		
121,00	123,80	2,80						MZ		Minério maciço constituído maioritariamente por Py e por vénulas de Sp e Td-Tn	G		
123,80	141,00	17,20	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FC		V1 com stockwork muito concentrado, quase minério maciço, c constituído por Py e quantidades menores de Cpy.	G		
141,00	161,60	20,60			Vulcânica coerente félsica (V7)	Chl				V7 com <i>stockwork</i> esparsos constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py.			

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esferite; Gn - galena; Fm - formação;
MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.14 - Re-logging da sondagem FZ435.

Log original realizado por:											Estação:		C850GP1E
Geólogo :	Nelson Pacheco		Data :	25/09/2006		Sondagem : FZ435					Perfil :		19,00
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	58,60	58,60	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Intercalação entre xistos negros e grauvaques. Passagem de xistos sericíticos dos 29,45m aos 21,50m. Abundante Qtz de exsudação em todo o intervalo. Possivelmente todo o intervalo corresponde a zona de falha. Cimento à boca do furo de 15cm.	G		
58,60	64,20	5,60			Grauvaques					Grauvaques com veios mm de Qtz.			
64,20	68,50	4,30	CVS		Xistos	Chl PI						Xistos negros com minério submaciço piritoso dos 67,65 aos 68,50m. Qtz abundante ao longo do intervalo.	F
68,50	79,00	10,50	Minério Maciço					MC		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminada ou em fraturas. Fraturas tardias preenchidas por Qtz e Carb.	G	72,10 - 73,00m : F com intensa fraturação	Z28 - 70,40
79,00	81,40	2,40						ME		Minério maciço bastante fraturado constituído essencialmente por Py	F	79,30 - 85,15m: F com intensa fraturação com perda de recuperação de 2,75m	
81,40	82,70	1,30						MP	Minério intensamente fraturado	F			
82,70	83,45	0,75						ME					
83,45	85,15	1,70						MZP					
85,15	88,00	2,85						MZ		Minério maciço com bandado incipiente constituído por Py, de granularidade fina a média, e por quantidades acessórias de Sp disseminada ou em vénulas.	G		
88,00	89,00	1,00						ME		Minério maciço constituído maioritariamente por Py.	G		
89,00	90,00	1,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp disseminadas.	G		
90,00	100,55	10,55						ME		Minério maciço muito fraturado constituído por Py. Fraturas tardias preenchidas por Qtz e Carb.	F	97,00 - 100,55: F com fraturação intensa com perda de recuperação de 2 m	
100,55	102,00	1,45						MC	Minério intensamente fraturado.	F	100,55 - 115,00m: F com fraturação intensa, com perda de recuperação de 10,15m 117,25 - 124,10m : F com fraturação intensa, com perda de recuperação de 4,55m		
102,00	124,10	22,10						ME		F			
124,10	125,55	1,45	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl & Carb		FE		V1 com <i>stockwork</i> constituído por veios milimétricos de pirite.	G		
125,55	132,00	136,00			Vulcânica coerente fêlsica (V7)	Chl & Carb				V7 com <i>stockwork</i> esparsa constituído por veios milimétricos a centimétricos de pirite.	F	135,80 - 136,00m: F com arglização.	
136,00	165,80	29,80		Fm de Neves	Xistos	Carb PI				Xistos negros com abundante Py disseminada ao longo do intervalo, níveis mm de siltitos e <i>stockwork</i> esparsa piritoso nos primeiros 4,00m do intervalo.			
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação													

Tabela XI.15 - Re-logging da sondagem FZ581.

Log original realizado por:						Sondagem : FZ581						Estação:		C850GP4W		
Geólogo :		Tiago Reis		Data :		05/11/2007								Perfil :		17,50
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural		Amostragem (m)		
0,00	44,50	44,50	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Alternância centimétrica a decimétrica entre xistos negros e grauvaques. Qtz abundante em todo o intervalo.	PF	14,50 - 17,10m: F com material partido, Qtz e perda de recuperação de 2,00m 17,90 - 23,75m: F com passagens dm de material partido e laminado 26,49 - 29,60m: perda de recuperação de 5 cm 31,80 - 35,80m: S com material partido, Qtz abundante e perda de recuperação de 0,95m 35,80 - 37,00m: perda de recuperação de 10cm 42,60 - 42,70m: PF com argilização				
44,50	46,40	1,90	CVS	Unidade JC	Xistos e chertes	Ser & Carb				Nível constituído por xistos cinzentos, xistos sericíticos e chertes	N					
46,40	48,05	1,65	Minério Maciço					ME		Minério essencialmente constituído por Py, muito fraturado no final do intervalo	PF	46,80 - 48,05m: PF com fraturação e perda de recuperação de 55cm				
48,05	51,00	2,95						MZ		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp disseminadas.	G					
51,00	52,00	1,00						ME		Minério maciço constituído por Py.	G					
52,00	54,00	2,00						MZP	Alternância entre MZP: Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Gn, Sp e Td-Tn que , localmente, apresenta bandado incipiente devido à disposição destas e MZ: Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp disseminadas. No MZP frequentemente a Td-Tn encontra-se em redor das vénulas de Sp.		G					
54,00	56,00	2,00						MZ			G					
56,00	67,00	11,00						MZP			G			Z36 - 56,15		
67,00	70,00	3,00						MZ			G					
70,00	71,00	1,00						MZP			G					
71,00	74,00	3,00						MZ			G					
74,00	75,00	1,00						MZP			G	74,80 - 75,00m: PF passagem de minério muito fraturado		Z37 - 74,25		
75,00	76,00	1,00						MZ			G					
76,00	78,40	2,40						ME		Minério maciço constituído por Py e por raras disseminações de Sp.	G					
78,40	99,00	20,60	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl & Ser		FE	V1 com <i>stockwork</i> constituído por veios mm a cm de Py e Cpy. Minério submaciço até aos 82,00m. Qtz está presente em todo o intervalo mas dos 91,95 - 95,65m este está mais concentrado. No intervalo 86,00 - 99,00m o minério e FE com intercalações dm de FC.	G						
						FC										
							FE									
99,00	119,75	20,75			Vulcânica coerente félsica (V7)	Chl			V7 com raros veios de Py e Cpy. Qtz presente em todo o intervalo estando mais concentrados dos 99,90m aos 102,05m. Passagem de FC dos 103,00 aos 105,00m.							
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação																

Tabela XI.16 - Re-logging da sondagem FZ623.

Log original realizado por:												Estação:	C850GP4W
Geólogo :	Tiago Reis		Data :	29/10/2007		Sondagem : FZ623					Perfil :	18,00	
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	4,90	4,90	CVS	Fm. De Grandaços	Xistos	Ser				Xistos de cor cinza compactos. Cimento à boca do furo de 25cm. Presença de veios de Qtz esparsos.	N		
4,90	15,05	10,15	GFBA	Fm. Mértola	Grauvaques e xistos					Grauvaques, fraturados, com intercalações de xistos negros. Qtz abundante em toda a unidade.	F	10,00 - 15,05m: F com fraturação e abundante Qtz	
15,05	28,80	13,75	CVS		Xistos	Chl PI				Xistos negros laminados e com Qtz abundante.	PF	15,05 - 16,80m: F com material fraturado e com abundante Qtz. Perda de recuperação de 40cm 17,65 - 20,05m: PF com fraturação, Qtz e perda de recuperação de 65cm 23,80 - 28,80m: PF com material partido e laminado	
28,80	36,45	7,65	GFBA	Fm. Mértola	Xistos e Grauvaques					Grauvaques com intercalações de xistos negros. Abundantes veios de Qtz.	PF	28,80 - 29,50m: PF com material laminado e abundante Qtz 35,40 - 35,80m: PF com fraturação e abundante Qtz 36,40 - 36,45m: PF com material laminado e Qtz.	
36,45	37,60	1,15	CVS	Unidade JC	Xistos e carbonatos	Ser & Carb				Nível constituído por xistos sericíticos, xistos cinzentos e carbonatos	N		
37,60	40,00	2,40	Minério Maciço					ME		Minério maciço essencialmente constituído por Py	G		
40,00	41,00	1,00						MP		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Gn e Td-Tn em vénulas.	G		
41,00	46,00	5,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e por Sp disseminada.	G		
46,00	48,00	2,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp, Td-Tn e Gn.	G		
48,00	55,00	7,00						ME		Minério maciço essencialmente constituído por Py	G		
55,00	56,00	1,00						MC		Minério maciço fraturado constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada.	G		
56,00	64,00	8,00						ME		Minério maciço fraturado essencialmente constituído por Py.	G		
64,00	66,00	2,00						MC		Alternância entre MC: Minério constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada ou em fraturas e MCZ: minério constituído por Py, Sp, Cpy (por vezes em fraturas), Td-Tn e Gn. Dos 83,00 aos 89,00m este encontra-se bandado, sendo possível observar alternância entre bandas de Py, Cpy e de Sp, Gn e Td-Tn.	G		
66,00	67,00	1,00						MCZ			G		
67,00	68,00	1,00						MC			G		
68,00	76,00	8,00						MCZ			G		Z18 - 69,90
76,00	77,00	1,00						MC			G		
77,00	78,00	1,00						MCZ			G		
78,00	83,00	5,00						MC			G		Z19 - 79,85
83,00	89,00	6,00						MCZ			G		Z20 - 88,35
89,00	89,60	0,60						MC			G		
89,60	112,20	22,60	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FC		V1 com stockwork constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py e Cpy. Minério submaciço até aos 93,50m. Qtz abundante em todo o intervalo		93,50 - 95,40m: PF com minério laminado	
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação													

Tabela XI.17 - Re-logging da sondagem FZ638.

Log original realizado por:											Estação:	Z6954B
Geólogo :	Tiago Reis	Data :	21/01/2008	Sondagem : FZ638							Perfil :	17,50

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa	Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	2,00	2,00	Minério Maciço				MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn, disseminadas ou em vénulas descontínuas, e Cpy disseminada e em fraturas.	G		
2,00	5,00	3,00					MCZ		Minério maciço, com bandado incipiente no início do intervalo, constituído por Py, Cpy, Sp e Td-Tn. Fraturas tardias com Cpy.	G		Z29 - 2,95
5,00	6,00	1,00					MC		Minério maciço constituído maioritariamente por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas.	G		
6,00	7,00	1,00					ME		Alternância entre ME: minério maciço constituído maioritariamente por Py e MZ: minério maciço constituído por Py quantidades acessórias de Sp e Td-Tn disseminadas ou em vénulas.	G		
7,00	9,00	2,00					MZ			G		
9,00	15,00	6,00					ME			G		
15,00	17,00	2,00					MZ			G		
17,00	22,00	5,00					ME			G		
22,00	25,00	3,00					MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp e Gn . Estas por vezes, devido à sua disposição, confere aspeto bandado incipiente .	G		
25,00	26,00	1,00					ME		Alternância entre ME: minério maciço constituído maioritariamente por Py e MZ: minério maciço constituído por Py quantidades acessórias de Sp e Td-Tn disseminadas ou em vénulas.	G		
26,00	30,00	4,00					MZ			G		
30,00	32,00	2,00					ME			G		
32,00	34,00	2,00					MZ			G		
34,00	37,00	3,00					ME			G		
37,00	38,00	1,00					MZ			G		
38,00	42,00	4,00					MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp, Gn e Td-Tn.	G		
42,00	43,15	1,15					MZ		Minério maciço constituído essencialmente por Py e por quantidades acessórias de Sp disseminadas			

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.18 - Re-logging da sondagem FZ665.

Log original realizado por:											Estação:	Z700ROL		
Geólogo :	Tiago Reis		Data :	20/02/2008		Sondagem : FZ665							Perfil :	18,75
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)	
0,00	24,50	24,50	CVS		Metapelite com contribuição vulcânica (V1)	Chl & Carb		FE		V1 com stockwork constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py e Cpy. Passagem de V2 dos 9,65 aos 10,50m. Minério submaciço, constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy, dos 11,80 aos 15,70m e dos 20,15 aos 24,50m. No intervalo 0,00 - 10,00m o minério é FE com passagens de V1 estéril.	G			
							FC							
							FE							
24,50	25,00	0,50	Minério Maciço					MZ		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp disseminadas.	G			
25,00	27,00	2,00						ME		Minério maciço constituído essencialmente por Py. Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas.	G			
27,00	28,00	1,00						MC			G			
28,00	29,00	1,00						ME			G			
29,00	30,00	1,00						MC			G			
30,00	41,00	11,00						ME			G			
41,00	42,00	1,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn disseminadas ou em vénulas.	G			
42,00	50,00	8,00						ME		Minério maciço constituído por Py.	G	44,40 - 45,00 m: F com minério fraturado		
50,00	51,00	1,00						MC		Minério maciço constituído por Py e por Cpy disseminada e Td-Tn em vénulas	G			
51,00	56,00	5,00						MCZ		Minério maciço, localmente bandado, constituído por Py, Cpy, Sp e Td-Tn. Fraturas tardias com Cpy.	G		Z48 - 53,80	
56,00	58,00	2,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e vénulas de Gn, Sp e Td-Tn.	G			
58,00	59,00	1,00						MP		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Gn Td-Tn disseminadas.	G			
59,00	62,00	3,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e vénulas de Gn, Sp e Td-Tn. Estas, devido à sua orientação, por vezes, conferem aspeto bandado incipiente.	G			
62,00	64,00	2,00						MZ		Minério maciço constituído por P e quantidades acessórias de Sp disseminadas.	G			
64,00	64,65	0,65						ME		Minério maciço constituído por Py.	G			
64,65	78,35	13,70	CVS		Vulcânica coerente fêlsica/ Metapelite com contribuição vulcânica (V3/V1)	Chl & Ser		FE	V3, com intercalações de V1 até aos 66,05m, com <i>stockwork</i> constituído por veios milimétricos a centimétricos de Py e rara Cpy. Qtz presente em todo o intervalo. Passagens de minério submaciço até aos 67,80m.					
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação														

Tabela XI.19 - Re-logging da sondagem FZ670.

Log original realizado por:											Estação:		Z700ROL
Geólogo :	Tiago Reis		Data :	11/03/2008		Sondagem : FZ670					Perfil :		18,75
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	15,25	15,25	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FE		V1 com <i>stockwork</i> constituído por veios mm a cm de Py e quantidades acessórias de Cpy. Minério submaciço, constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy, dos 13,55 aos 15,25m.	G	14,80 - 15,05m: PF com material fraturado, alguma argilização e perda de recuperação de 15cm.	
							FC						
15,25	16,00	0,75	Minério Maciço					MC		Alternância entre MC: minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada e ME: minério maciço constituído por Py.	G		
16,00	21,00	5,00						ME			G		
21,00	22,00	1,00						MC			G		
22,00	38,05	16,05						ME			F	30,00 - 31,50m : F com minério intensamente brechificado 35,65 - 38,05m: F com minério fraturado	
38,05	39,00	0,95						MC			G		
39,00	44,00	5,00						ME			G		
44,00	46,00	2,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Td-Tn, Gn e Sp.	G		
46,00	53,00	7,00						MCZ		Minério maciço, localmente bandado, constituído por Py, Cpy, Sp e Td-Tn.	G	48,50 - 50,20m: PF com minério fraturado	Z30 - 46,05 Z31 - 49,60
53,00	56,00	3,00						MC		Alternância entre MC: minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada e ME: minério maciço bastante fraturado constituído por Py. Dos 78,45 aos 78,95 passagens cm de V1.	G		
56,00	57,00	1,00						ME			G		
57,00	58,00	1,00						MC			G		
58,00	78,95	20,95						ME			G	61,60 - 63,65 m: F com minério fraturado	
78,95	84,45	5,50			Vulcanoclástica fêlsica (V7)	Ser			V7 de teto do Zambujal.				
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação													

Tabela XI.20 - Re-logging da sondagem FZ679.

Log original realizado por:										Estação:	Z700ROL
Geólogo :	Tiago Reis	Data :	07/04/2008	Sondagem : FZ679						Perfil :	17,00

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	50,50	50,50	CVS		Vulcânica coerente fêlsica (V7)	Chl & Carb		FE		V7 com stockwork constituído por veios mm a cm de Py e quantidades acessórias de Cpy. Intercalação com V1 a partir dos 28,40m. Nos intervalos 0,00 - 16,00 e 26 - 50,50m o minério é FE com intercalação de V7 estéril e no intervalo 16,00 - 26,00m o minério é FC com intercalação de rocha vulcânica estéril.	G	29,35 - 29,65m: PF com material fraturado e com Qtz.	
								FC					
								FE					
50,50	55,00	4,50	Minério Maciço					MC		Minério maciço, localmente bandado, constituído por Py, de granularidade fina a média, e por Cpy e Td-Tn em vénulas, que localmente chegam a apresentar espessuras centimétricos, e/ou fraturas.	G		
55,00	56,00	1,00						MCZ		Minério maciço constituído por Py, Cpy, Sp e Td-Tn.	G		
56,00	57,00	1,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp e Td-Tn disseminada.	G		
57,00	72,00	15,00						MCZ		Minério maciço bandado, localmente brechificado, constituído por Py, Cpy, Td-Tn, Sp e Gn.	G		Z21 - 66,85 Z24 - 67,65 Z22 - 71,20
72,00	80,00	8,00						MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas ou em fraturas.	G		Z23 - 77,90
80,00	87,00	7,00						ME		Alternância entre ME: minério maciço constituído essencialmente por Py e MZ: minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp disseminadas ou em vénulas.	G		
87,00	88,00	1,00						MZ			G		
88,00	92,00	4,00						ME			G		
92,00	95,00	3,00						MZ		Alternância entre MZP: minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Sp e Gn disseminadas e MZ: minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp disseminadas.	G		
95,00	96,00	1,00						MZP			G		
96,00	97,00	1,00						MZ			G		
97,00	98,00	1,00						MZP		Alternância entre ME: minério maciço constituído essencialmente por Py e MC: minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminadas ou em vénulas.	G		
98,00	99,00	1,00						ME			G		
99,00	100,00	1,00						MC			G		
100,00	102,00	2,00						ME		Alternância entre MZP: minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Gn e Sp disseminadas ou em vénulas e MP: minério maciço constituído por Py e quantidades acessórias de Gn disseminadas	G		
102,00	103,00	1,00						MP			G		
103,00	104,00	1,00						MZP			G		
104,00	106,00	2,00						MP			G		
106,00	107,15	1,15						MZP			G		
107,15	110,65	3,50			Vulcanoclástica fêlsica (V7)	Ser				V3/V7 de teto do Zambujal		107,15 - 107,30m: F com fraturação e argilização 108,50 - 109,30m: PF com argilização e passagens cm de material fraturado	

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação;
MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.21 - Re-logging da sondagem FZ849.

Log original realizado por:								Estação:	Z715G6B
Geólogo :	Ricardo Fonseca	Data :	20/04/2009	Sondagem : FZ849				Perfil :	19,25

De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)
0,00	15,00	15,00	CVS		Metapelite com contribuição vulcânica (V1)	Chl		FC		V1 com stockwork com veio mm a cm de Py e Cpy. Cimento à boca do furo de 5cm. Minério submaciço, constituído por Py e quantidades acessórias de Cpy, dos 11,60 aos 15,00m	G		
15,00	22,00	7,00	Minério Maciço					MCZ		Minério maciço, com passagens de minério bandado incipiente, constituído por Py, Cpy, Td-Tn. Raras fraturas tardias preenchidas por Cpy. Nas passagens bandadas, as bandas por vezes apresentam-se recristalizadas e brechificadas.	G		Z40 - 19,32
22,00	23,00	1,00						MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada.	G		
23,00	24,00	1,00						MCZ		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Td-Tn, Sp e Cpy, que por vezes, conferem aspeto bandado incipiente.	G		
24,00	26,00	2,00						MC		Minério maciço constituído por Py e por Cpy disseminada ou em fraturas. Fraturas tardias preenchidas por Qtz e Carb.	G		
26,00	34,00	8,00						ME		Minério maciço intensamente fraturado constituído essencialmente por Py	F	28,40 - 33,70 m: F com fraturação intensa e brechificação. Perda de recuperação de 15cm.	
34,00	35,00	1,00						MZ	Alternância entre MZ: minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp e Td-Tn disseminada e em vénulas e ME: minério, variavelmente fraturado, essencialmente constituído por Py.		G		
35,00	42,00	7,00						ME			G		
42,00	46,00	4,00						MZ			G		
46,00	49,00	3,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e por vénulas de Sp e Gn que, por vezes, conferem aspeto bandado incipiente. Raras fraturas preenchidas por Qtz e Carb.	G		
49,00	50,00	1,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e abundante Td-Tn e Sp em vénulas. Frequentemente as vénulas de Sp estão rodeadas de Td-Tn.	G		
50,00	66,00	16,00						MZP		Minério maciço constituído por Py e por abundante Sp, Td-Tn e Gn em vénulas ou em pequenas fraturas. Por vezes apresenta aspeto bandado. Raras fraturas preenchidas por Qtz.	G		Z41 - 51,20
66,00	76,00	10,00						MZ		Minério maciço constituído maioritariamente por Py e por quantidades menores de Sp disseminadas ou em vénulas. Frequentes fraturas preenchidas por Qtz e Carb.	G	72,20 - 72,60m: F com minério intensamente fraturado.	
76,00	78,00	2,00						MZP	Alternância entre MZP: minério maciço constituído por Py e abundante Td-Tn e Sp em vénulas e MZ: minério maciço constituído por Py e por disseminações e vénulas de Sp .		G		
78,00	85,00	7,00						MZ			G		
85,00	87,00	2,00						MZP			G		
87,00	88,00	1,00						MZ			G		
88,00	90,00	2,00						MZP			G		
90,00	101,00	11,00						MZ		Minério maciço constituído por Py e por vénulas e disseminações de Sp e Td-Tn. Estas são bastante abundantes até aos 96,00m	G		Z42 - 90,60
101,00	104,00	3,00						ME		Minério muito fraturado essencialmente constituído por Py.	G		
104,00	110,00	6,00						MP		Minério maciço fraturado constituído por Py e por disseminações de Gn.	G		
110,00	119,00	9,00						ME		Minério maciço fraturado essencialmente constituído por Py.	G	115,60 - 117,60m: F com minério intensamente fraturado. Perda de recuperação de 60cm	
119,00	124,00	5,00						MP		Minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a média, e por disseminações de Gn. Passagem de nível carbonatado recristalizado dos 120,00 aos 121,00m com vénulas de material silicatado. Passagens de rocha vulcânica dos 122,30 - 122,45m.	G		Z43 - 120,40 Z44 - 122,85
124,00	125,00	1,00						MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas .	G		
125,00	127,40	2,40						MP		Minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a média, e por disseminações de Gn e Td-Tn. Passagem para a unidade seguinte feita por zona de 5cm com Cpy e relíquias de rocha vulcânica muito alterada.	PS/N		Z45 - 127,35
127,40	136,10	8,70	CVS	Unidade JC	Xistos e chertes	Ser & Carb				Nível constituído por xistos sericíticos, carbonatos, chertes e jaspes.	N		
136,10	138,95	2,85	GFBA	Fm. Mértola	Grauvaques e xistos					Intercalação entre xistos negros e grauvaques. Intervalo muito deformado e com argila podendo corresponder a zona de falha.			

CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo *Flysh* do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo
FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco
N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação

Tabela XI.22 - Re-logging da sondagem FZ931.

Log original realizado por:											Estação:		Z715G6B	
Geólogo :	Filipa Pinto		Data :	14/06/2011		Sondagem : FZ931					Perfil :		19,25	
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural		Amostragem (m)
0,00	26,55	26,55	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl & Carb		FC		V1 com intercalações de xistos negros, com abundante Qtz de exsudação e Py grosseira disseminada. Cimento à boca do furo de 0,55m.	G	3,90 - 4,20m: F com vulcânicas brechificadas e argilização. 10,85 - 10,95m: F com vulcânicas brechificadas e argilização.		
26,55	33,00	6,45				Chl & Carb				V1 com stockwork muito concentrado / minério submaciço, constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy.	G	35,10 - 35,20m: F com argilização.		
33,00	36,00	3,00	Minério submaciço					MC		Minério constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy. Presença de passagens de rocha silicatada, possivelmente V1.	G			
36,00	37,00	1,00						ME		Minério essencialmente constituído por Py.	G			
37,00	44,00	7,00						MC		Minério constituído por Py e por Cpy disseminada ou em fraturas.	G			
44,00	47,20	3,20						MCZ		Minério constituído por Py, Cpy e Sp.	G			
47,20	48,00	0,80	CVS		Metapelito com contribuição vulcânica (V1)	Chl & Carb		FE		V1 com <i>stockwork</i> concentrado piritoso.	G			
48,00	51,00	3,00	Minério Maciço					MCZ		Minério maciço bandado constituído por Py, Cpy, Td-Tn e Sp.	G			Z49 - 49,03
51,00	54,00	3,00						MC		Minério maciço fraturado constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas e em fraturas.	G			
54,00	55,00	1,00						ME		Minério maciço constituído essencialmente por Py.	G			
55,00	57,00	2,00						MZ	Alternância entre MZ: minério maciço fraturado constituído por Py e por Sp disseminada e com fraturas tardias preenchidas por Carb e Qtz e ME: minério muito fraturado constituído essencialmente fraturado.		G			
57,00	60,00	3,00						ME			G	57,45 - 58,45m: F com fraturação intensa e perda de recuperação de 20cm.		
60,00	61,00	1,00						MZ			F	60,00 - 63,10m: PF com minério muito fraturado e perda de recuperação de 1,20m. 66,00 - 68,00m: F com minério muito fraturado e perda de recuperação de 60cm.		
61,00	62,00	1,00						ME			F			
62,00	69,00	7,00						MZ			F			
69,00	69,90	0,90						ME			G	70,20 - 79,00m: F com minério muito fraturado e passagens cm de rocha mais coerente. Perda de recuperação de 3,15m.		
69,90	71,35	1,45						MZ			F			
71,35	72,85	1,50						ME			F			
72,85	74,50	1,65						MZ			F			
74,50	86,45	11,95						ME			F			
86,45	90,00	3,55						MZ			G	Z47 - 88,10		
90,00	95,40	5,40						MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy em fraturas e disseminada.	N			
95,40	96,30	0,90	CVS	Unidade JC	Xistos e chertes	Ser & Carb			Nível constituído por chertes, jaspes e xistos siliciosos. Cpy abundante presente em fraturas.	G				
96,30	97,00	0,70	Minério Maciço					MC		Minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminada.	G			
97,00	98,00	1,00						ME		Minério maciço constituído essencialmente por Py.	G			
98,00	99,00	1,00						MP		Minério maciço constituído essencialmente por Py e quantidades acessórias de Gn disseminada.	G			
99,00	106,00	7,00						ME	Alternância entre ME: minério maciço fraturado constituído por Py e MC: minério maciço constituído por Py e por quantidades acessórias de Cpy disseminadas.		G			
106,00	108,00	2,00						MC			G			
108,00	109,00	1,00						ME			G			
109,00	110,00	1,00						MC			G			
110,00	113,00	3,00						ME			G			
113,00	115,00	2,00						MC			F			
115,00	127,10	12,10	CVS		Vulcanoclástica fêlsica (V3/V7)	Chl & Ser			V3/V7 de teto do Zambujal.		115,00 - 117,70m : F com fraturação			
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação														

Tabela XI.23 - Re-logging da sondagem TZ208.

Log original realizado por:												Estação:		Z7156B		
Geólogo :		João Castilho		Data :	19/12/2012		Sondagem : TZ208						Perfil :		20,50	
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha		Tipo de alteração		Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural	Amostragem (m)	
0,00	1,00	1,00	Minério Maciço							MZP		Alternância entre MZP: minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a grosseira, e vénulas de Sp, Gn e Td-Tn que, localmente, conferem aspeto bandado incipiente e MZ: minério maciço essencialmente constituído por Py e por quantidades acessórias de Sp disseminadas ou em vénulas descontínuas. Raras fraturas preenchidas por Qtz e Carb.	G			
1,00	9,00	8,00								MZ			G	1,30 - 1,70m: F com intensa fraturação		
9,00	10,00	1,00								MZP			G			
10,00	12,00	2,00								MZ			G			
12,00	13,00	1,00								MZP			G			
13,00	15,00	2,00								MZ			G			
15,00	21,00	6,00								MZP			G			
21,00	22,00	1,00								MZ			G			
22,00	25,00	3,00								MZP			G		Z49 - 23,35	
25,00	26,00	1,00								MZ			G			
26,00	28,00	2,00								MZP			G			
28,00	35,00	7,00								MZ			G			
35,00	37,00	2,00								MZP			G			
37,00	38,00	1,00								MZ			G			
38,00	40,10	2,10	MZP		PF	40,05 - 40,10 - PF 85,50 - 85,60 - F com alguma argilização										
40,10	85,60	45,50	CVS		Vulcanoclástica félsica (V3)	Chl & Ser		FE		V3 bastante fraturado em todo o intervalo, com <i>stockwork</i> esparso piritoso. Minério FE com intercalações de vulcânicas estéreis. Minério submaciço piritoso dos 83,95 aos 84,80m.	F					
85,60	87,00	1,40	Minério Maciço							MZP		Minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a média, e Sp e Gn disseminadas ou em vénulas.	G			
87,00	91,00	4,00								MCZ		Minério maciço bandado constituído por Py, Cpy, Sp e Td-Tn. Fraturas tardias preenchidas por Cpy	G			
91,00	92,00	1,00								MZP		Minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a média, e Sp e Gn disseminadas.	G			
92,00	93,00	1,00								MC		Minério maciço constituído essencialmente por Py e quantidades acessórias de Cpy disseminadas ou a preencher fraturas (mais frequente) com Qtz.	G			
93,00	104,00	11,00								MCZ		Minério maciço com alternância entre passagens bandadas e brechificadas, constituído por Py, Cpy, Sp, Gn e Td-Tn.	G		Z50 - 98,45 Z51 - 102,75	
104,00	105,00	1,00								MC		Minério maciço essencialmente constituído por Py e quantidades acessórias de Sp, Cpy e Td-Tn disseminadas ou em vénulas.	G			
105,00	106,00	1,00								MCZ			G			
106,00	106,80	0,80	CVS		Vulcanoclástica félsica (V3)	Chl & Ser		FZ		V3 com abundantes veios de Qtz e com stockwork abundante até aos 110,00m essencialmente constituído por Py.		106,80 - 107,60 m: F com fraturação				
106,80	115,20	8,40						FE								
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação																

Tabela XI.24 - Re-logging da sondagem TZ225.

Log original realizado por:										Estação:		Z7156B					
Geólogo :		João Castilho		Data :		19/12/2012		Sondagem : TZ225						Perfil :		20,50	
De (m)	Até (m)	Espessura (m)	Formação/Unidade rochosa		Tipo de Rocha	Tipo de alteração	Log	Minério	Log minério	Observações	Contacto	Estrutural		Amostragem (m)			
0,00	4,25	4,25	Minério Maciço					MZP		Alternância entre MZP: minério maciço constituído por Py, de granularidade fina a grosseira, e por vénulas de Sp e Gn; MZ: minério maciço constituído essencialmente por Py e por quantidades acessórias de Sp disseminadas ou em vénulas descontínuas e ME: minério maciço constituído essencialmente por Py. Cimento à boca do furo de 5cm. Passagens cm, esparsas ao longo do intervalo, de minério intensamente fraturado.	G						
4,25	11,00	6,75						MZ			G						
11,00	13,00	2,00						ME			G						
13,00	14,00	1,00						MZ			G						
14,00	15,00	1,00						ME			G						
15,00	18,30	3,30						MZP			G						
18,30	20,10	1,80						MZ			G						
20,10	21,00	0,90						ME			G						
21,00	25,00	4,00						MZ			G	Z52 - 25,44					
25,00	29,60	4,60						MZP			G						
29,60	41,10	11,50						MZ			G						
41,10	41,75	0,65						ME			G						
41,75	54,70	12,95						MZ			G						
54,70	57,00	2,30						MZP			G						
57,00	62,00	5,00						MZ			G						
62,00	62,95	0,95						ME			G						
62,95	65,00	2,05						MZ			G						
65,00	66,00	1,00						ME			G						
66,00	71,00	5,00						MZ			G						
71,00	72,15	1,15						ME			G						
72,15	77,20	5,05						MZ			F	72,15 - 77,50m: F com intensa fraturação.					
77,20	82,00	4,80						ME			G	77,50 - 80,00: F com intensa fraturação.					
82,00	86,40	4,40						MZ			G						
86,40	93,70	7,30						ME			G	Z53 - 92,20					
93,70	98,00	4,30						MZ			G						
98,00	99,00	1,00						ME			G						
99,00	126,00	27,00						MZ			PF	124,60 - 126,00m: PF com fraturação					
126,00	127,00	1,00						MCZ			G	Z54 - 126,10					
127,00	139,65	12,65						MZ			G	138,20 - 139,30m: F com fraturação intensa.					
139,65	141,95	2,30						ME			G						
141,95	144,20	2,25	CVS	Unidade JC	Xistos e chertes	Ser			Nível constituído por chertes, xistos cinzentos e xistos sericíticos								
CVS - Complexo Vulcano-sedimentar; GFBA - Grupo <i>Flysh</i> do Baixo Alentejo; Chl - clorite; Ser - sericite; Carb - carbonatos; Qtz - quartzo; Py - pirite; Cpy - calcopirite; Sp- esfalerite; Gn - galena; Fm - formação; MP- minério de chumbo; ME - minério piritoso estéril; MZ - minério de zinco; MC - minério de cobre; MCZ - minério de cobre e zinco; MZP - minérios de zinco e chumbo FE - minério fissural estéril; FC - minério fissural de cobre; FZ - minério fissural de zinco N- normal; G- gradual; F- falha; S- cisalhamento; P- possível; PI - pouco intensa; Sil - silicificação																	

Anexo 3 – Listagem das amostras colhidas em sondagens

Tabela XI.25 - Listagem das amostras colhidas na massa do Zambujal, indicando a sondagem, o intervalo analisado, o número da análise química, ponto de amostragem e respetivo código (Somincor-Lundin Mining).

#	Perfil	Sondagem	Nº Amostra	Metragem		Tipologia de Minério	Amostragem	
				De	A		Código amostra	Metragem
1	17,0	FZ110	2	50,65	51,90	MP	Z32A	51,22
2		FZ110	2	50,65	51,90	MP	Z32B	51,30
3	18,0	FZ295	26	59,00	60,00	MC	Z38	59,85
4		FZ297	14	66,00	67,00	MP	Z55	66,50
5	18,5	FZ301	25	85,00	86,00	MCZ	Z4	85,60
6		FZ301	19	79,00	80,00	MC	Z5	79,60
7		FZ301	6	66,00	67,00	ME	Z6	66,10
8	18,0	FZ306	85	175,00	176,00	MCZ	Z1	175,20
9		FZ306	81	171,00	172,00	MCZ	Z2	171,20
10		FZ306	70	160,00	161,00	MCZ	Z3	160,40
11	18,5	FZ313	12	86,00	87,00	MC	Z11	86,75
12		FZ313	45	120,00	121,00	MCZ	Z12	121,00
13	19,0	FZ320	26	129,00	130,00	MZP	Z25	129,63
14		FZ320	36	139,00	140,00	MZ	Z26	139,50
15	18,5	FZ322	10	78,00	79,00	MC	Z7	78,35
16		FZ322	18	86,00	87,00	MC	Z8	86,30
17		FZ322	31	99,00	100,00	MCZ	Z9	99,05
18		FZ322	32	100,00	101,00	MCZ	Z10	100,60
19		FZ327	16	90,00	91,00	MC	Z16	90,50
20		FZ327	30	104,00	105,00	MCZ	Z17A	104,10
21		FZ327	30	104,00	105,00	MCZ	Z17B	104,25
22		FZ330	23	103,00	104,00	MC	Z13	103,50
23		FZ330	32	112,00	113,00	MCZ	Z14	112,35
24		FZ330	33	113,00	114,00	MCZ	Z15	113,85
25		FZ339	24	62,00	63,00	ME	Z27	62,70
26	19,0	FZ402	6	61,00	62,00	MC	Z33	61,05
27		FZ402	21	79,00	80,00	MZP	Z34	79,83
28		FZ402	42	100,00	101,00	MZ	Z35	100,85
29		FZ402	8	63,00	64,00	MC	Z39A	63,40
30		FZ402	8	63,00	64,00	MC	Z39B	63,45
31		FZ435	3	70,00	71,00	MC	Z28	70,40
32	17,5	FZ581	10	56,00	57,00	MZP	Z36	56,15
33		FZ581	28	74,00	75,00	MZP	Z37	74,25
34	18,0	FZ623	32	69,00	70,00	MCZ	Z18	69,90
35		FZ623	42	79,00	80,00	MC	Z19	79,85
36		FZ623	51	88,00	89,00	MCZ	Z20	88,35
37	17,5	FZ638	3	2,00	3,00	MCZ	Z29	2,95
38	18,75	FZ665	47	53,00	54,00	MCZ	Z48	53,80
39		FZ670	42	46,00	47,00	MCZ	Z30	46,05
40		FZ670	45	49,00	50,00	MCZ	Z31	49,60
41	18,25	FZ679	36	66,00	67,00	MCZ	Z21	66,85
42		FZ679	41	71,00	72,00	MCZ	Z22	71,20
43		FZ679	47	77,00	78,00	MC	Z23	77,90
44		FZ679	37	67,00	68,00	MCZ	Z24	67,65
45	19,25	FZ849	15	19,00	20,00	MCZ	Z40	19,32
46		FZ849	48	51,00	52,00	MZP	Z41	51,20
47		FZ849	88	90,00	91,00	MZ	Z42	90,60
48		FZ849	119	120,00	121,00	MP	Z43	120,40
49		FZ849	121	122,00	123,00	MP	Z44	122,85
50		FZ849	126	127,40	129,00	MP	Z45	127,35
51		FZ931	24	49,00	50,00	MCZ	Z46	49,03
52	20,5	FZ931	57	87,75	89,00	MZ	Z47	88,10
53		TZ208	26	23,00	24,00	MZP	Z49	23,35
54		TZ208	68	98,00	99,00	MCZ	Z50	98,45
55		TZ208	73	102,00	103,00	MCZ	Z51	102,75
56		TZ225	26	24,00	25,00	MZ	Z52	24,55
57		TZ225	81	92,00	93,00	ME	Z53	92,20
58		TZ225	119	126,00	127,00	MCZ	Z54	126,10

Anexo 4 – Localização das amostras e das sondagens estudadas, em planta e em perfil, na massa do Zambujal

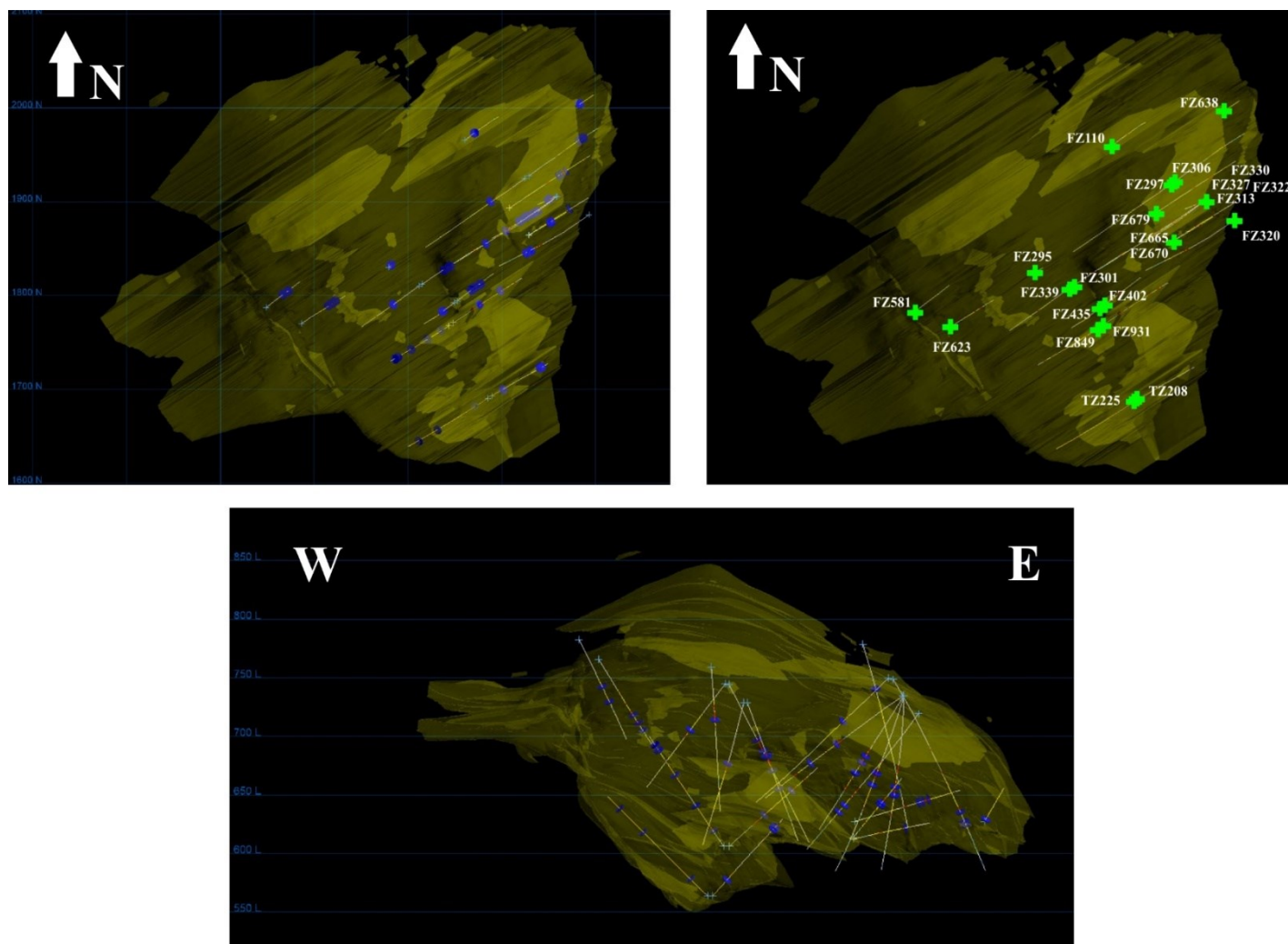


Figura XI.1 - Localização das sondagens e amostras estudadas, em planta e em perfil, na massa do Zambujal, no Vulcan 3D (Somincor-Lundin Mining).

Anexo 5 - Legenda e código de cores para os diferentes tipos de minério do Zambujal do Vulcan 3D®

	ME
	MP
	MZ
	MZP
	MCZ
	MC
	FE
	FC
	FZ

Figura XI.2 - Código de cores para as diferentes tipologias de minério no Zambujal, do Vulcan 3D (Somincor-Lundin Mining).

Anexo 6 - Cortes transversais integrais ou detalhes de cortes transversais, de N para S, da massa do Zambujal, com a implementação do local de amostragem nas sondagens (Vulcan 3D®, Somincor-Lundin Mining)

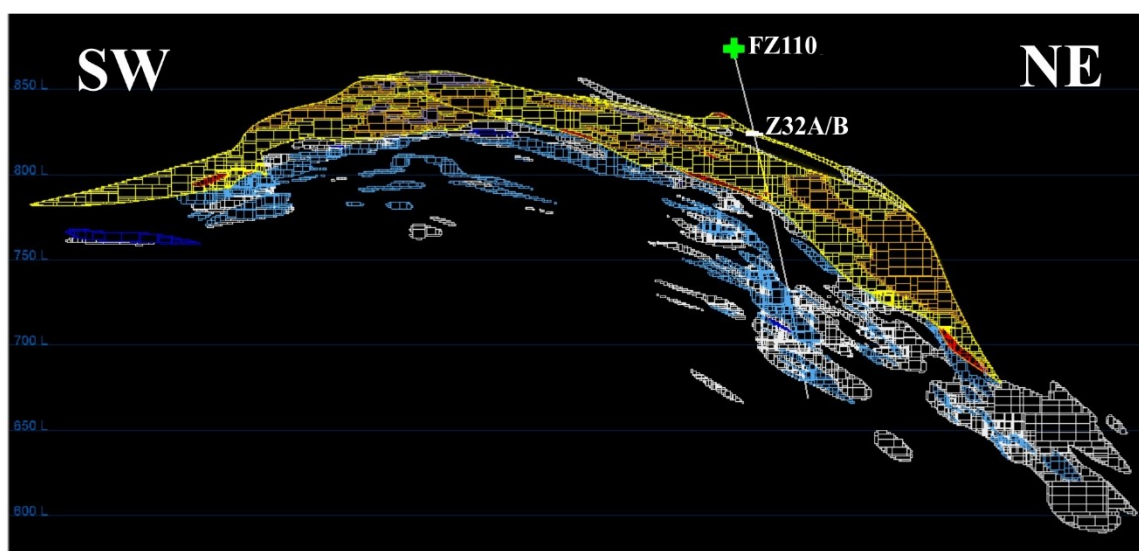


Figura XI.3 - Corte transversal, no perfil 17,0, com a implementação da sondagem FZ110 e amostras Z32A/B.

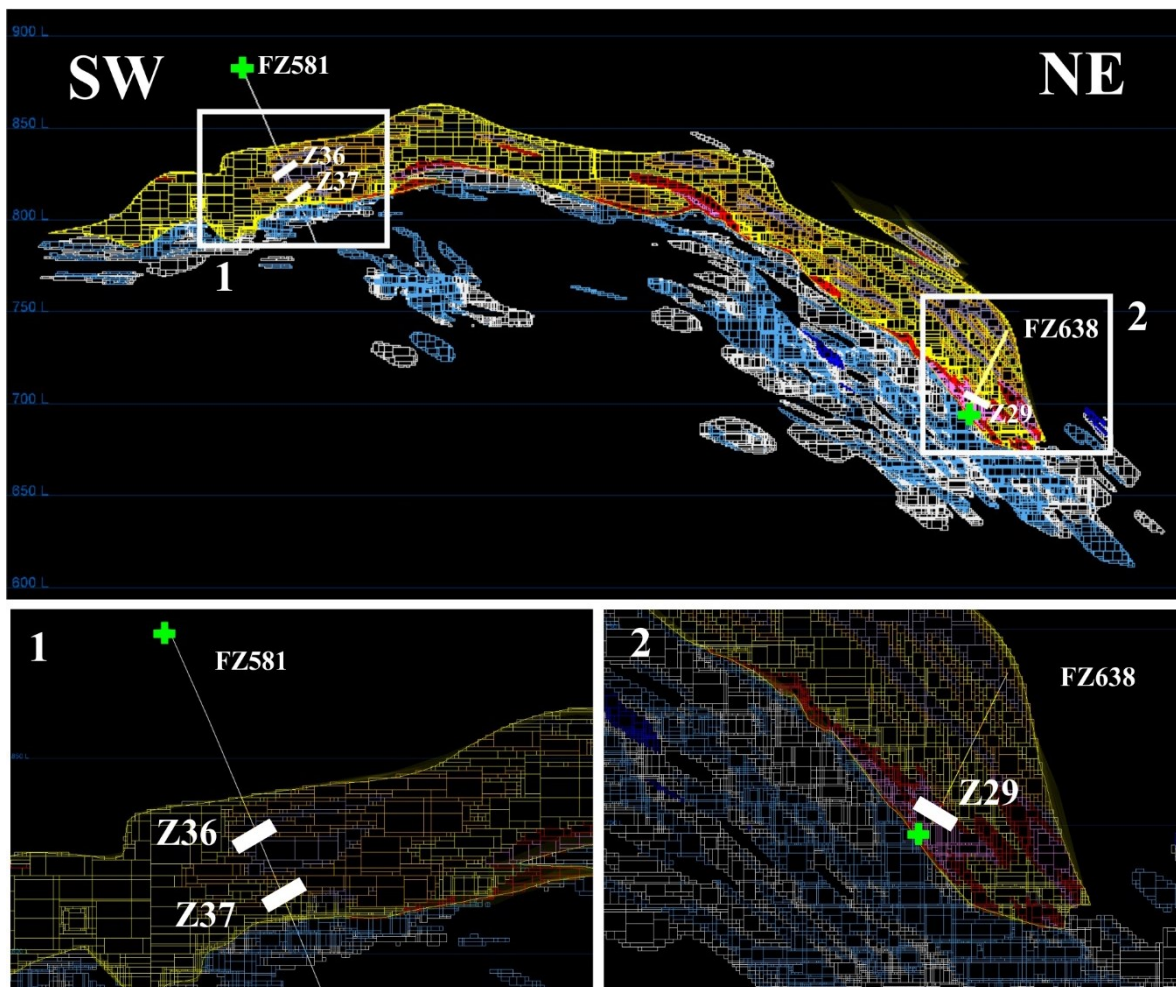


Figura XI.4 - Corte transversal, no perfil 17,5, com a implementação das sondagens FZ581 e FZ638. (1) e (2) Correspondem a imagens de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: (1) amostras Z36 e Z37, da sondagem FZ581, e (2) amostra Z29 na sondagem FZ638.

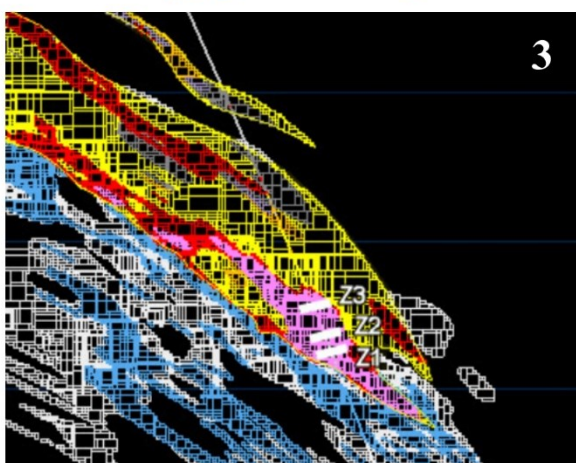
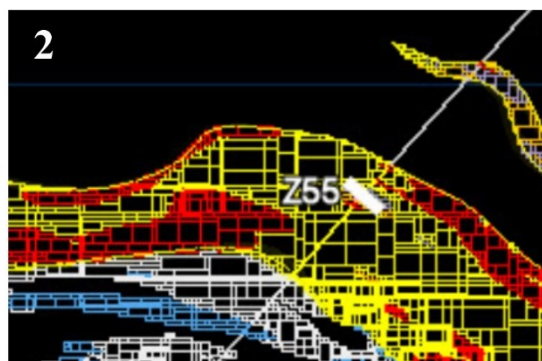
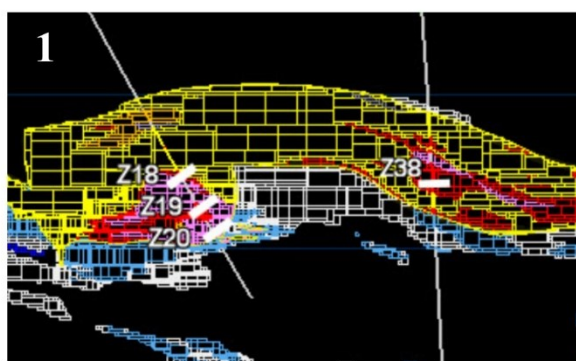
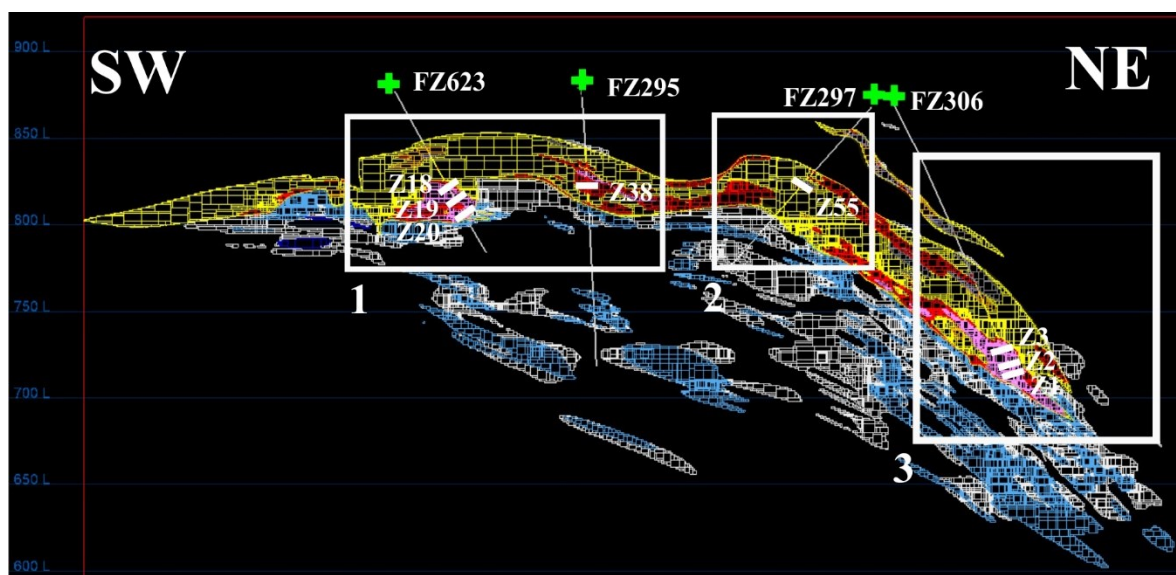


Figura XI.5 - Corte transversal, no perfil 18,0, com a implementação das sondagens FZ623, FZ295, FZ297 e FZ306. (1), (2) e (3) Correspondem a imagens de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: (1) amostras Z18, Z19 e Z20 da sondagem FZ623 e Z38, da sondagem FZ295; (2) amostra Z55 da sondagem FZ297; e, (3) amostras Z1, Z2 e Z3 da sondagem FZ306.

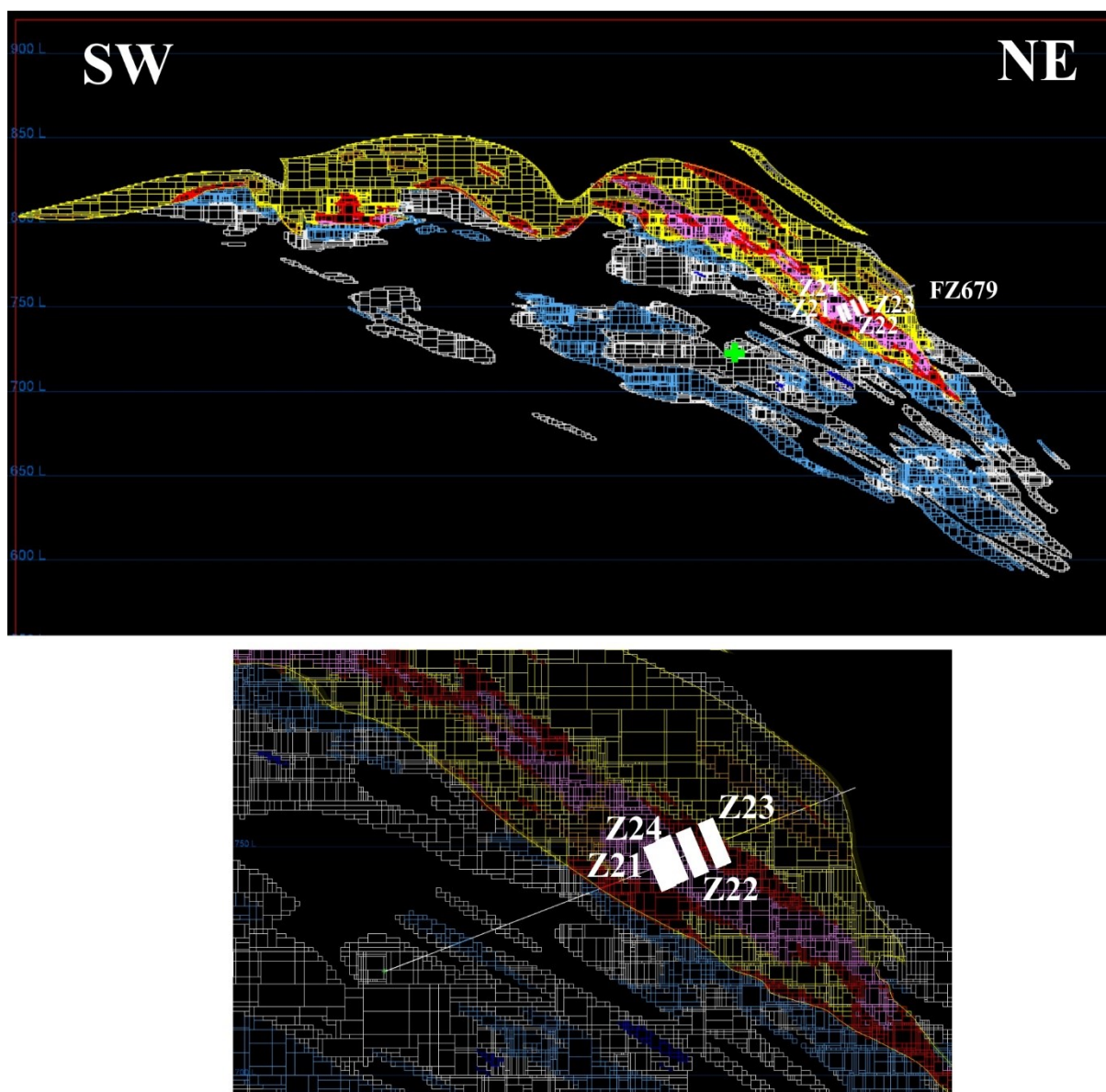


Figura XI.6 - Corte transversal, no perfil 18,25, com a implementação das sondagens FZ679, com imagens de maior detalhe do local da sondagem onde se encontram as amostras colhidas, Z21, Z24, Z22 e Z23.

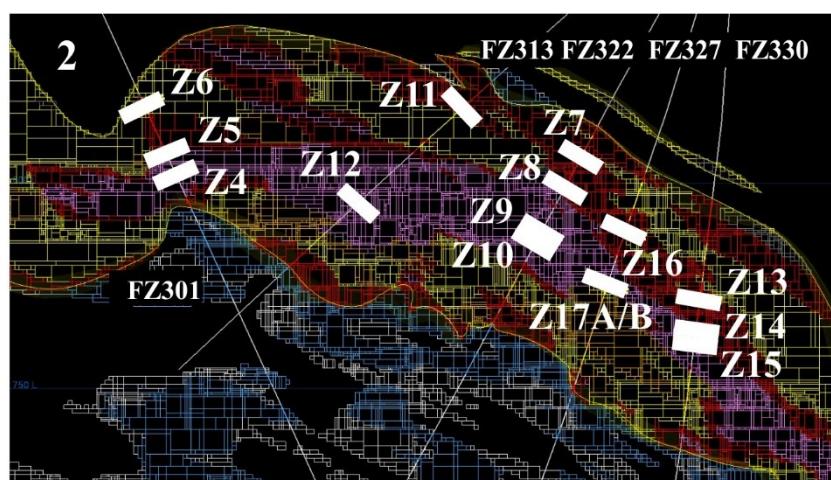
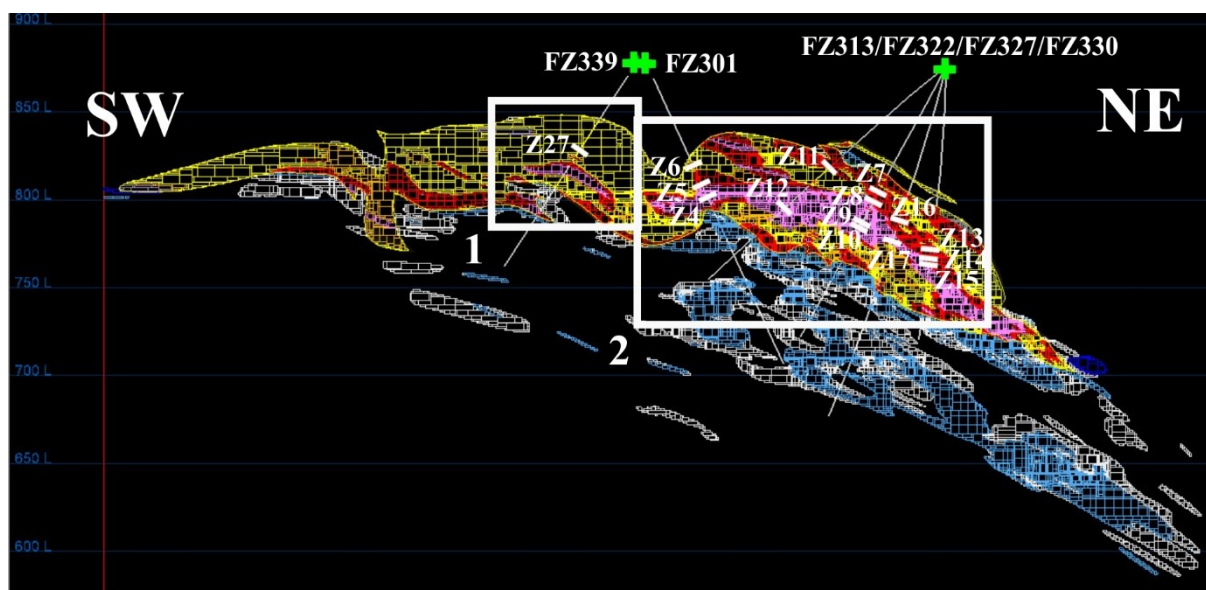


Figura XI.7 - Corte transversal, no perfil 18,5, com a implementação das sondagens FZ339, FZ301, FZ313, FZ322, FZ327 e FZ330. (1) e (2) Correspondem a imagens de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: (1) amostra Z27, da sondagem FZ339, e (2) amostras Z4, Z5 e Z6 da sondagem FZ301, amostras Z11 e Z12 da sondagem FZ313, amostras Z7, Z8, Z9 e Z10 da sondagem FZ322, amostras Z16 e Z17 A/B da sondagem FZ327 e amostras Z13, Z14 e Z15 da sondagem FZ330.

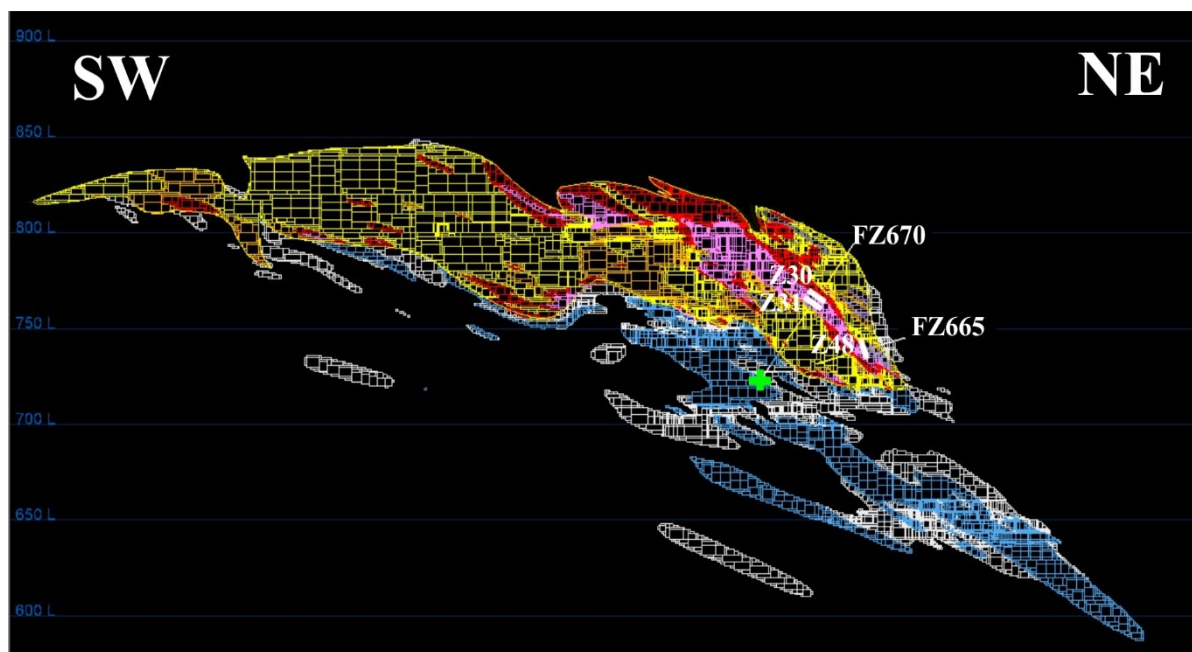


Figura XI.8 - Corte transversal, no perfil 18,75, com a implementação das sondagens FZ670 e FZ665, com imagem de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostras Z30 e Z31, da sondagem FZ670, e amostra Z48 na sondagem FZ665.

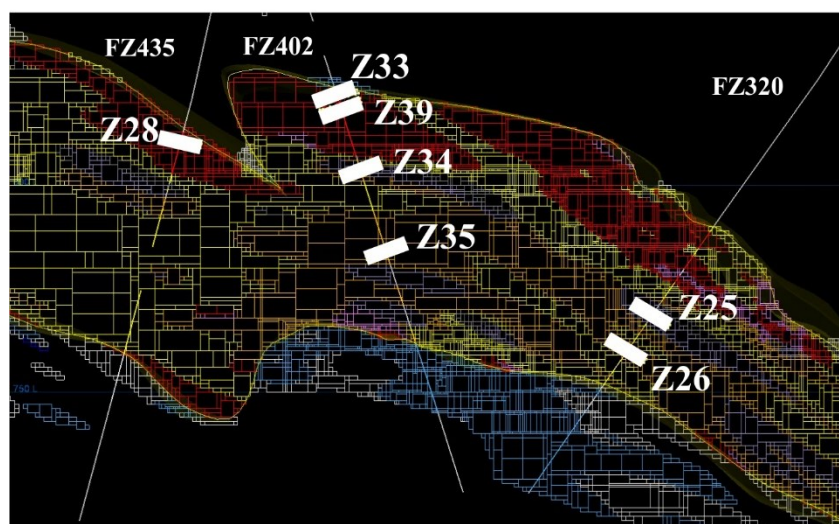
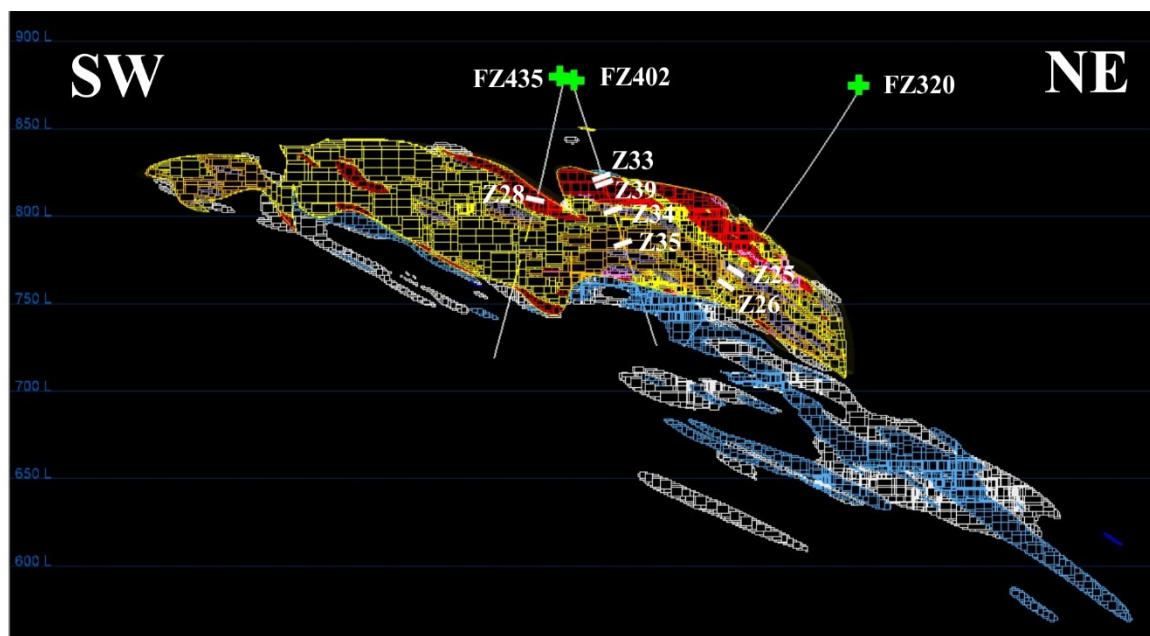


Figura XI.9 - Corte transversal, no perfil 19,0, com a implementação das sondagens FZ431, FZ402 e FZ320, com imagem de maior detalhe do local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostra Z28 da sondagem FZ435, amostras Z33, Z39, Z34 e Z35 da sondagem FZ402, e amostras Z25 e Z26 da sondagem FZ320.

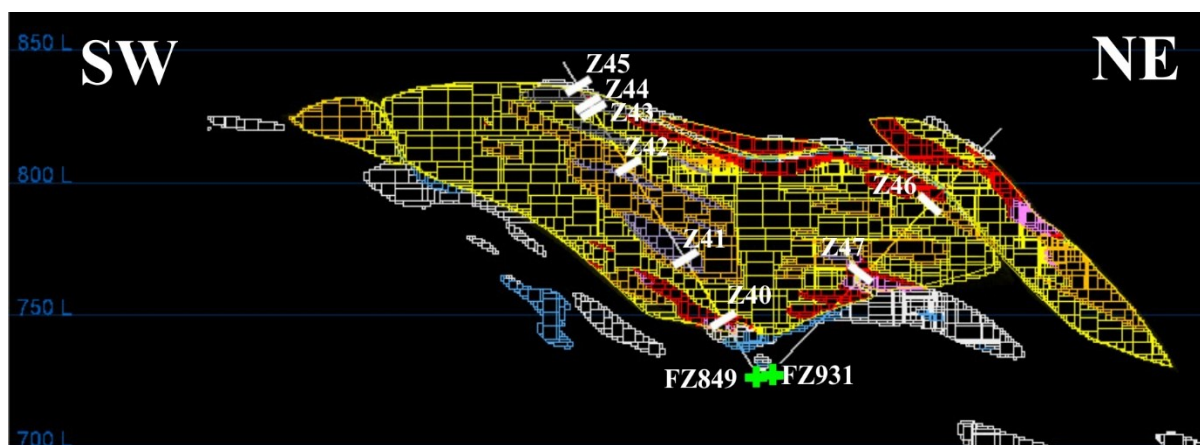


Figura XI.10 - Corte transversal, no perfil 19,25, com a implementação das sondagens FZ849 e FZ931 com o local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostras Z40, Z41, Z42, Z43, Z44 e Z45 da sondagem FZ849 e amostras Z46 e Z47 da sondagem FZ931.



Figura XI.11 - Corte transversal, no perfil 20,0, com a implementação das sondagens TZ208 e TZ225 com o local das sondagens onde se encontram as amostras colhidas: amostras Z52, Z53 e Z54 da sondagem TZ208 e amostras Z48, Z50 e Z51 da sondagem TZ225..

Anexo 7 – Localização, data de amostragem e tipo de minério das amostras recolhidas no fundo de mina.

Tabela XI.26 - Localização das amostras de fundo de mina, com referência e tipologia de minério da frente onde foram colhidas, data de amostragem e referência das amostras.

Frente de mina	Tipo de minério	Data	Referência
Z820B61	MC	09/04/2018	ZF1
Z803B61	MCZ	09/04/2018	ZF2 e Zf3
Z803B61	MCZ	03/05/2018	ZF4
Z7454B08	MCZ	03/05/2018	ZF5

Anexo 8 – Localização em planta e em perfil do local onde as amostras de fundo de mina foram colhidas (Vulcan 3D®, Somincor-Lundin Mining)

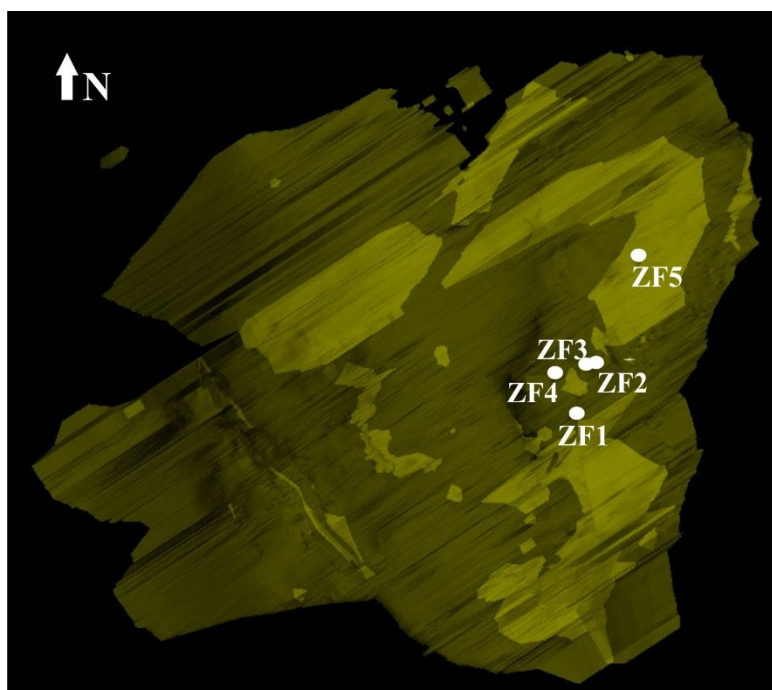


Figura XI.12 - Planta com a localização das amostras de fundo, na massa do Zambujal.

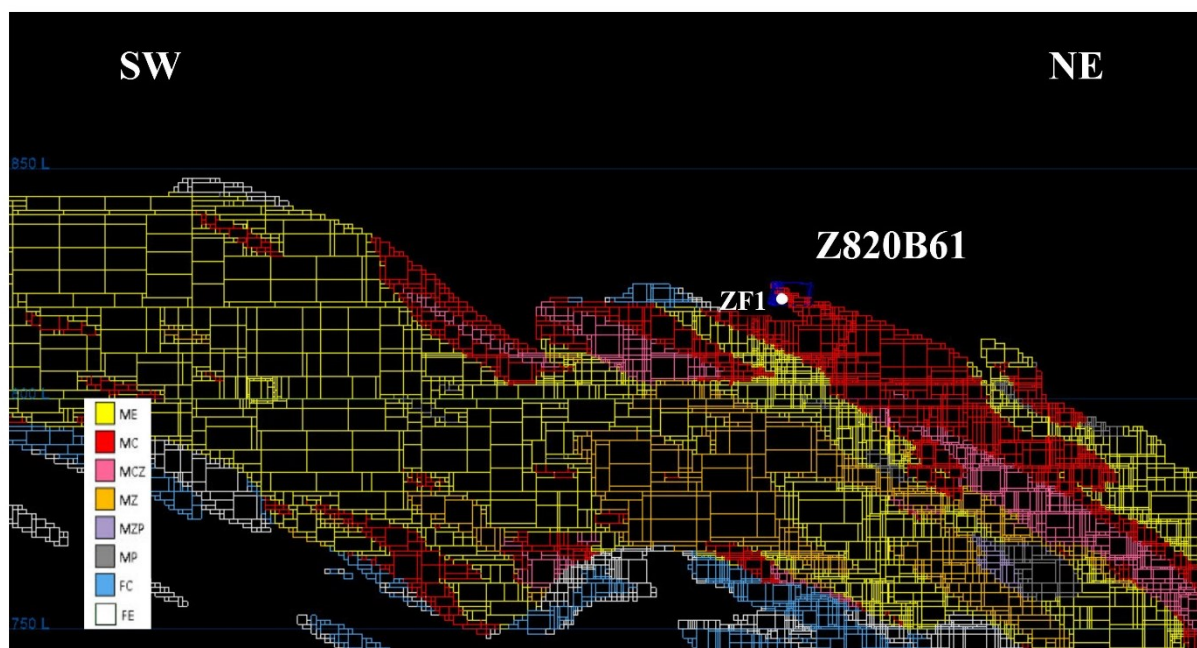


Figura XI.13 – Localização da amostra de fundo ZF1 colhida na frente Z820B61, na massa do Zambujal.

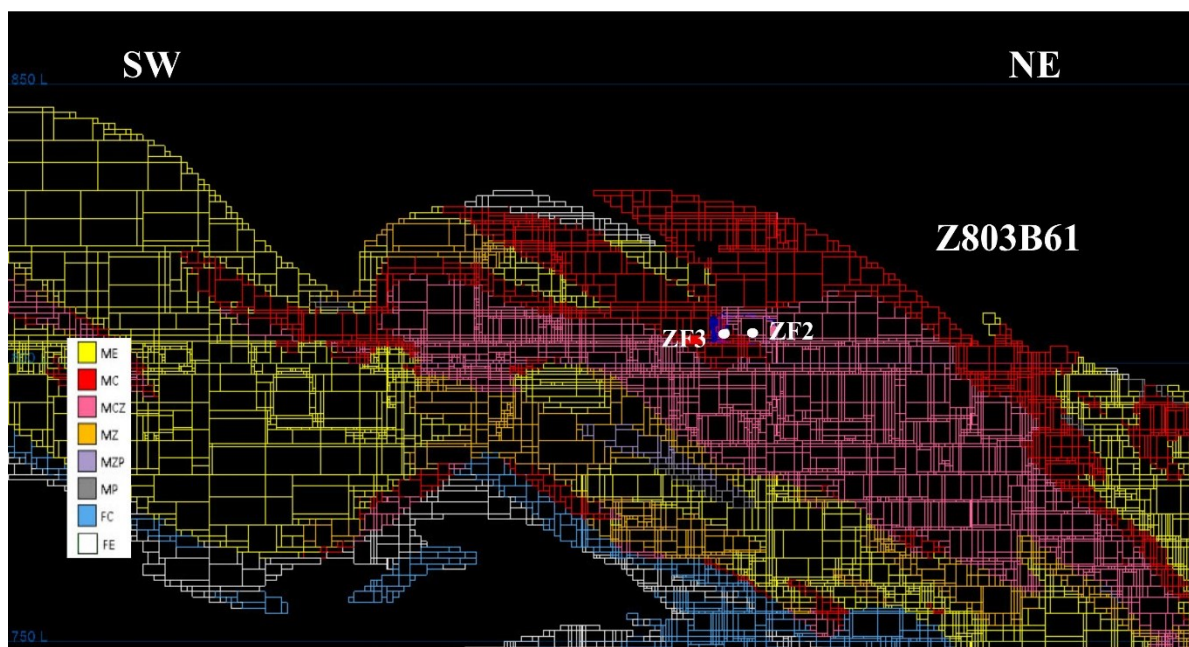


Figura XI.14 – Localização das amostras de fundo ZF2 e ZF3, na frente Z803B61, na massa do Zambujal.



Figura XI.15 – Localização da amostra de fundo ZF4, na frente Z803B61, na massa do Zambujal.

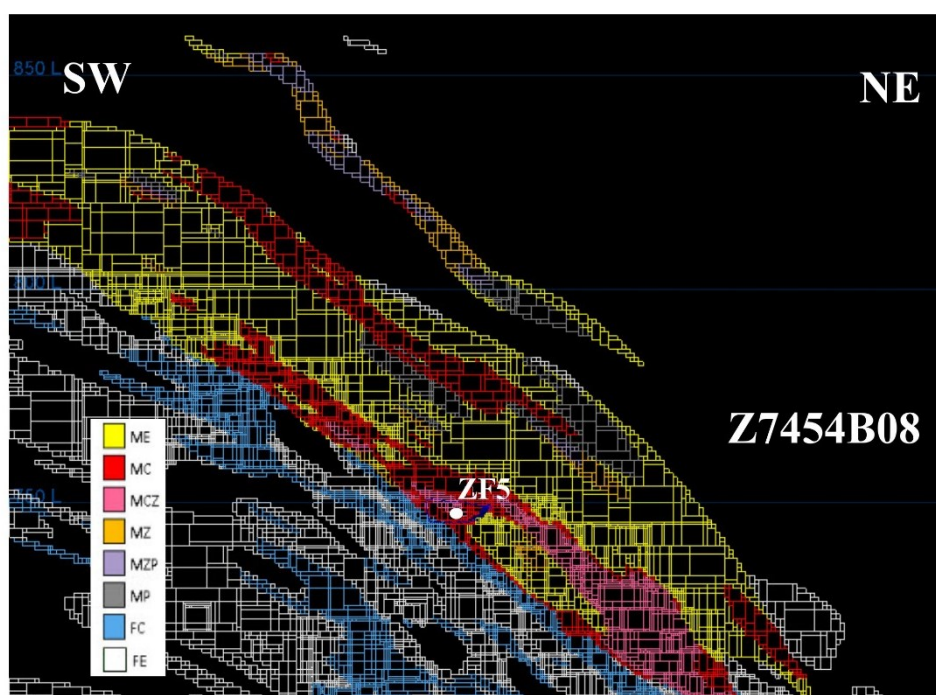


Figura XI.16 – Localização da amostra de fundo ZF5, na frente Z7454B08, na massa do Zambujal.

Anexo 9 – Padrões analíticos utilizados nas análises pontuais de sulfuretos, sulfossais, óxidos, filossilicatos e carbonatos

Tabela XI.27 - Condições analíticas nas análises pontuais de sulfuretos e sulfossais.

Condições Analíticas da Microsonda Eletrônica (Sulfuretos e Sulfossais)			
Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
S	Ka	PETH	Pyrite
Fe	Ka	LIFH	Pyrite
Cu	Ka	LIFH	Cuprite
Zn	Ka	LIF	Sphalerite
Pb	Ma	PETJ	Galena
As	La	TAP	Galium Arsenide
Sb	La	PETJ	Stibnite
Ni	Ka	LIF	Pentlandite
Sn	La	PETJ	Metallic Sn
Co	Ka	LIFH	Skutterudite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Au	Ma	PETH	Au
Ag	La	PETJ	Ag
Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide
Ge	La	TAP	Metallic Ge
Se	La	TAP	Bismuth Selenide
In	La	PETJ	Metallic In
Cd	La	PETJ	Cd
W	La	LIF	W
Mo	La	PETH	Molybdenite
Ga	La	TAP	Metallic Ga
Te	La	PETJ	CAL-STD

Tabela XI.28 - Condições analíticas utilizadas nas análises pontuais de carbonatos.

Condições Analíticas da Microsonda Eletrônica (Carbonatos)			
Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
C	Ka	LDE2	Calcite
Mg	Ka	TAP	Almandine
Ca	Ka	PETJ	Calcite
Fe	Ka	LIFH	Magnetite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Zn	Ka	LIFH	Sphalerite
Sr	La	PETH	Celestite
Ba	La	PETJ	Barite
Na	Ka	TAP	Jadaite
Ti	Ka	PETJ	Rutile
Ce	La	PETJ	Monazite
La	La	PETJ	Monazite

Tabela XI.29 - Condições analíticas utilizadas nas análises pontuais de filossilicatos.

Condições Analíticas da Microsonda Eletrônica (Filossilicatos)			
Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
Ca	Ka	PETJ	Diopside
Si	Ka	PETJ	Olivine
Rb	La	PETH	CAL.STD
Ti	Ka	PETJ	Rutile
Na	Ka	TAP	Jadeite
K	Ka	PETH	Sanidine
Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide
Mg	Ka	TAP	Chlorite
Cs	La	PETJ	Pollucite
Ba	La	LIFH	Barite
Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Al	Ka	TAP	Almandine
Ni	Ka	LIF	Nickel Silicide
Fe	Ka	LIFH	Kaersutite
F	Ka	TAP	Fluorite
Cl	Ka	PETJ	Tugtupide

Tabela XI.30 - Condições analíticas nas análises pontuais de óxidos.

Condições Analíticas da Microsonda Eletrônica (Óxidos)			
Elemento	Risca Analítica	Cristais Analisadores e Detetor	Padrões
P	Ka	PETJ	Apatite
Na	Ka	TAP	Jadeite
S	Ka	PETJ	Stibnite
Ba	La	LIFH	Benitoite
Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide
Mg	Ka	TAP	Periclase
Pb	Ma	PETJ	Galena
V	Ka	LIFH	V
Ag	La	PETJ	Ag
As	La	TAP	Galium Arsenide
K	Ka	PETJ	Sanidine
Cr	Ka	LIFH	Chromium Oxide
Ca	Ka	PETJ	Diopside
Al	Ka	TAP	Plagioclase
Sn	La	PETJ	Cassiterite
Fe	Ka	LIFH	Haematite
Zn	Ka	LIF	Willemite
Si	Ka	TAP	Diopside
Ti	Ka	PETJ	Rutile
Ni	Ka	LIFH	Nickel Silicide
Ta	La	LIF	LiTaO ₃
Zr	La	TAP	Zirconia
Mn	Ka	PETJ	Rhodonite
Cu	Ka	LIFH	Cuprite
Co	Ka	LIF	Skutterudite
Nb	La	TAP	Metallic Nb
W	La	LIF	Metallic W
Au	Ma	PETH	Au

Anexo 10 – Limites de detecção (microsonda eletrónica) para cassiterite, filossilicatos, carbonatos, sulfuretos e sulfossais

Tabela XI.31- Limites de detecção (microsonda eletrónica) de cassiterite, filossilicatos e carbonatos, em ppm.

	Cassiterite		Filossilicatos		Carbonatos
P ₂ O ₅	466	CaO	131	CaO	135
Na ₂ O	136	SiO ₂	237	La ₂ O ₃	412
SO ₃	268	Rb ₂ O	409	SrO	185
BaO	628	TiO ₂	203	BaO	390
Bi ₂ O ₃	797	Na ₂ O	104	Na ₂ O	93
MgO	104	K ₂ O	61	Ce ₂ O ₃	450
PbO	600	Cr ₂ O ₃	195	FeO	184
V ₂ O ₃	242	MgO	103	TiO ₂	219
Ag ₂ O	359	Cs ₂ O	331	MgO	103
As ₂ O ₅	400	BaO	357	MnO	269
K ₂ O	310	MnO	244	ZnO	352
Cr ₂ O ₃	277	Al ₂ O ₃	125	CO ₂	1039
CaO	238	NiO	367		
Al ₂ O ₃	124	FeO	195		
SnO ₂	520	F	899		
FeO	274	Cl	95		
ZnO	918				
SiO ₂	171				
TiO ₂	299				
NiO	364				
Ta ₂ O ₅	1721				
ZrO ₂	371				
MnO	369				
CuO	444				
CoO	436				
Nb ₂ O ₅	412				
WO ₃	1740				
Au ₂ O	312				

*Tabela XI.32. Limites de detecção (microsonda eletrônica) para os sulfuretos e sulfossais, em ppm. *inclui a variedade danaite e a Fe -cobaltite; **inclui a variedade galeno-clausthalite, a cosalite e os selenetos de Bi-Pb; *** série estanite-kesterite.*

	Py	Cpy	Sp	Asp*	Gn**	Stn - Kst**	Td-Tn
S	60	57	59	57	99	59	60
Fe	181	189	192	204	286	200	210
Cu	443	456	329	363	466	320	341
Zn	624	649	688	691	1052	705	748
Pb	666	604	594	561	896	606	619
As	254	240	223	325	434	305	265
Sb	306	316	342	458	415	453	362
Ni	354	372	395	392	592	399	425
Sn	272	286	310	362	381	360	522
Co	170	183	193	197	287	198	212
Mn	244	259	270	282	386	272	285
Au	267	277	259	268	413	272	281
Ag	265	286	287	283	371	293	302
Bi	874	845	804	769	3849	750	780
Ge	149	136	138	198	206	195	161
Se	174	167	159	323	249	311	228
In	293	309	322	333	424	362	399
Cd	264	277	292	287	377	346	351
W	887	1265	1057	1055	1503	1238	1425
Mo	187	184	180	269	590	181	194
Ga	167	163	234	201	223	180	179
Te	288	303	317	373	415	342	507

Anexo 11 - Estatística descritiva de análises de química mineral (EPMA)

Tabela XI.33 -Estatística descritiva das várias gerações de pirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME					ME					MZ					MP					MZP				
Nº análises por geração mineral	Py Ia (n = 6)					Py Ib (n = 21)					Py Ib (n = 41)					Py Ib (n = 12)					Py Ib (n = 16)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	52,416	52,307	0,292	52,108	52,817	52,902	52,963	0,258	52,294	53,200	52,877	52,875	0,267	52,148	53,437	52,948	52,956	0,250	52,615	53,330	53,078	53,140	0,447	52,224	53,649
Fe	45,811	45,779	0,115	45,684	45,980	45,841	45,865	0,414	44,954	46,458	46,169	46,186	0,316	45,313	46,734	46,020	46,086	0,269	45,614	46,472	46,263	46,291	0,210	45,730	46,566
Cu	0,002	0,000	0,004	0,000	0,010	0,025	0,000	0,052	0,000	0,214	0,021	0,000	0,070	0,000	0,392	0,016	0,000	0,040	0,000	0,134	0,009	0,000	0,035	0,000	0,139
Zn	0,026	0,015	0,029	0,000	0,068	0,101	0,037	0,182	0,000	0,777	0,238	0,166	0,320	0,000	2,001	0,018	0,000	0,046	0,000	0,162	0,334	0,198	0,431	0,000	1,614
Pb	0,032	0,018	0,040	0,000	0,105	0,092	0,085	0,049	0,000	0,216	0,067	0,058	0,061	0,000	0,217	0,059	0,027	0,071	0,000	0,212	0,055	0,021	0,082	0,000	0,296
As	0,424	0,477	0,287	0,084	0,718	0,105	0,008	0,250	0,000	0,864	0,092	0,032	0,140	0,000	0,502	0,151	0,094	0,151	0,000	0,512	0,069	0,022	0,136	0,000	0,528
Sb	0,019	0,013	0,018	0,000	0,043	0,012	0,004	0,014	0,000	0,044	0,016	0,003	0,028	0,000	0,130	0,013	0,010	0,014	0,000	0,043	0,009	0,008	0,010	0,000	0,033
Ni	0,014	0,016	0,012	0,000	0,029	0,011	0,000	0,016	0,000	0,049	0,008	0,000	0,013	0,000	0,050	0,017	0,002	0,028	0,000	0,085	0,017	0,014	0,020	0,000	0,057
Sn	0,005	0,000	0,009	0,000	0,022	0,011	0,000	0,019	0,000	0,068	0,006	0,000	0,013	0,000	0,050	0,011	0,008	0,014	0,000	0,041	0,018	0,017	0,018	0,000	0,049
Co	0,011	0,014	0,009	0,000	0,020	0,019	0,017	0,014	0,000	0,046	0,017	0,013	0,014	0,000	0,060	0,026	0,025	0,008	0,012	0,040	0,016	0,015	0,013	0,000	0,043
Mn	0,008	0,000	0,013	0,000	0,033	0,005	0,000	0,009	0,000	0,030	0,017	0,001	0,030	0,000	0,141	0,006	0,000	0,011	0,000	0,036	0,002	0,000	0,005	0,000	0,014
Au	0,012	0,000	0,020	0,000	0,047	0,012	0,009	0,015	0,000	0,053	0,014	0,010	0,017	0,000	0,067	0,014	0,010	0,016	0,000	0,043	0,006	0,000	0,014	0,000	0,046
Ag	0,016	0,017	0,016	0,000	0,033	0,007	0,000	0,011	0,000	0,035	0,010	0,001	0,014	0,000	0,053	0,014	0,005	0,019	0,000	0,051	0,012	0,000	0,016	0,000	0,044
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,020	0,000	0,092	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,003	0,000	0,009	0,000	0,041	0,001	0,000	0,003	0,000	0,017	0,003	0,000	0,008	0,000	0,025	0,003	0,000	0,005	0,000	0,013
Se	0,003	0,000	0,007	0,000	0,017	0,008	0,000	0,012	0,000	0,049	0,017	0,009	0,020	0,000	0,077	0,003	0,000	0,008	0,000	0,028	0,014	0,003	0,021	0,000	0,060
In	0,014	0,014	0,014	0,000	0,038	0,017	0,005	0,019	0,000	0,051	0,015	0,008	0,017	0,000	0,076	0,020	0,016	0,021	0,000	0,063	0,012	0,008	0,015	0,000	0,055
Cd	0,011	0,013	0,010	0,000	0,026	0,003	0,000	0,005	0,000	0,016	0,008	0,000	0,013	0,000	0,049	0,013	0,009	0,015	0,000	0,043	0,003	0,000	0,007	0,000	0,022
W	0,088	0,063	0,101	0,000	0,205	0,029	0,000	0,049	0,000	0,182	0,046	0,016	0,056	0,000	0,196	0,023	0,000	0,040	0,000	0,103	0,037	0,025	0,044	0,000	0,136
Mo	0,031	0,021	0,027	0,006	0,069	0,042	0,042	0,021	0,000	0,074	0,030	0,026	0,024	0,000	0,094	0,033	0,021	0,034	0,000	0,087	0,043	0,043	0,029	0,000	0,100
Ga	0,006	0,001	0,010	0,000	0,024	0,004	0,000	0,011	0,000	0,043	0,003	0,000	0,006	0,000	0,023	0,003	0,000	0,009	0,000	0,031	0,002	0,000	0,008	0,000	0,032
Te	0,010	0,005	0,013	0,000	0,032	0,006	0,000	0,010	0,000	0,033	0,009	0,000	0,016	0,000	0,061	0,018	0,010	0,022	0,000	0,069	0,005	0,000	0,012	0,000	0,036
Distribuição de iões na base de 3 iões																									
S	1,991	1,991	0,005	1,985	1,997	1,999	2,000	0,005	1,987	2,007	1,992	1,992	0,005	1,979	2,000	1,997	1,996	0,005	1,990	2,004	1,993	1,992	0,007	1,982	2,004
Fe	0,999	0,999	0,002	0,997	1,001	0,999	0,999	0,003	0,997	1,001	0,999	0,999	0,004	0,982	1,006	0,997	0,998	0,004	0,990	1,003	0,997	0,998	0,006	0,983	1,010
Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003
Zn	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,004	0,003	0,006	0,000	0,037	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,006	0,004	0,008	0,000	0,029
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
As	0,007	0,008	0,005	0,001	0,012	0,007	0,007	0,007	0,001	0,012	0,001	0,001	0,002	0,000	0,008	0,002	0,002	0,002	0,000	0,008	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00,																			

Tabela XI.34 - Estatística descritiva das várias gerações de pirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação)

Tipo de Minério	MC					MCZ					MP					MP				
Nº análises por geração mineral	Py Ib (n = 49)					Py Ib (n = 65)					Py IV (n = 3)					Py veios (n = 10)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	52,808	52,903	0,447	51,790	53,554	53,339	53,327	0,332	52,150	54,113	53,654	53,481	0,321	53,457	54,024	53,085	53,048	0,294	52,737	53,723
Fe	46,087	46,082	0,361	45,236	46,781	46,607	46,641	0,329	45,844	47,170	46,631	46,655	0,220	46,400	46,837	46,312	46,354	0,222	45,931	46,574
Cu	0,266	0,175	0,261	0,000	1,041	0,142	0,068	0,235	0,000	1,324	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,097	0,000	0,308
Zn	0,079	0,015	0,148	0,000	0,601	0,172	0,101	0,233	0,000	1,512	0,019	0,000	0,032	0,000	0,056	0,019	0,000	0,038	0,000	0,113
Pb	0,042	0,027	0,062	0,000	0,374	0,040	0,010	0,060	0,000	0,287	0,039	0,040	0,012	0,027	0,050	0,030	0,010	0,039	0,000	0,090
As	0,076	0,014	0,152	0,000	0,855	0,041	0,015	0,084	0,000	0,595	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,163	0,107	0,165	0,000	0,520
Sb	0,021	0,001	0,048	0,000	0,300	0,011	0,005	0,016	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,003	0,013	0,000	0,037
Ni	0,014	0,000	0,023	0,000	0,082	0,010	0,000	0,016	0,000	0,064	0,013	0,000	0,022	0,000	0,038	0,025	0,029	0,022	0,000	0,050
Sn	0,013	0,003	0,020	0,000	0,076	0,017	0,010	0,021	0,000	0,104	0,006	0,000	0,010	0,000	0,017	0,019	0,008	0,026	0,000	0,078
Co	0,060	0,043	0,063	0,000	0,243	0,067	0,047	0,070	0,000	0,385	0,013	0,016	0,012	0,000	0,024	0,023	0,020	0,014	0,006	0,052
Mn	0,015	0,000	0,032	0,000	0,157	0,014	0,000	0,034	0,000	0,206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,011	0,000	0,028
Au	0,015	0,007	0,018	0,000	0,075	0,014	0,008	0,017	0,000	0,064	0,016	0,014	0,017	0,000	0,033	0,004	0,000	0,009	0,000	0,028
Ag	0,007	0,000	0,014	0,000	0,057	0,010	0,000	0,018	0,000	0,077	0,041	0,036	0,018	0,027	0,061	0,008	0,002	0,013	0,000	0,041
Bi	0,001	0,000	0,007	0,000	0,047	0,001	0,000	0,007	0,000	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,001	0,000	0,004	0,000	0,018	0,002	0,000	0,005	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000	0,016
Se	0,040	0,013	0,077	0,000	0,466	0,051	0,027	0,058	0,000	0,281	0,010	0,007	0,012	0,000	0,023	0,012	0,001	0,017	0,000	0,044
In	0,019	0,015	0,022	0,000	0,102	0,017	0,011	0,021	0,000	0,078	0,015	0,007	0,020	0,000	0,037	0,018	0,021	0,014	0,000	0,040
Cd	0,011	0,000	0,015	0,000	0,056	0,007	0,000	0,014	0,000	0,064	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,005	0,000	0,009	0,000	0,027
W	0,032	0,000	0,061	0,000	0,248	0,020	0,000	0,035	0,000	0,149	0,010	0,000	0,018	0,000	0,031	0,017	0,000	0,048	0,000	0,153
Mo	0,043	0,040	0,026	0,000	0,133	0,052	0,049	0,024	0,000	0,115	0,045	0,046	0,016	0,029	0,060	0,022	0,020	0,014	0,002	0,042
Ga	0,002	0,000	0,004	0,000	0,019	0,004	0,000	0,008	0,000	0,033	0,015	0,000	0,027	0,000	0,046	0,003	0,000	0,008	0,000	0,024
Te	0,014	0,000	0,021	0,000	0,083	0,009	0,000	0,017	0,000	0,072	0,005	0,000	0,009	0,000	0,016	0,011	0,000	0,023	0,000	0,069
Distribuição de iões na base de 3 iões																				
S	1,990	1,991	0,006	1,976	1,999	1,990	1,991	0,005	1,978	2,000	1,999	2,000	0,005	1,994	2,004	1,995	1,995	0,005	1,985	2,003
Fe	0,997	0,998	0,006	0,983	1,010	0,999	0,998	0,006	0,981	1,014	0,998	0,996	0,005	0,994	1,003	0,999	0,999	0,004	0,992	1,004
Cu	0,005	0,003	0,005	0,000	0,020	0,003	0,001	0,004	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,006
Zn	0,001	0,000	0,003	0,000	0,011	0,003	0,002	0,004	0,000	0,028	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
As	0,001	0,000	0,002	0,000	0,014	0,001	0,000	0,001	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,003	0,000	0,008
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Co	0,001	0,001	0,001	0,000	0,005	0,001	0,001	0,001	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,001	0,000	0,001	0,000	0,007	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mo	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001

Tabela XI.35 - Estatística descritiva das várias gerações de esfalerite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME					MP					ME					MZ				
Nº análises por geração mineral	Sp I (n = 22)					Sp I (n = 5)					Sp II (n = 10)					Sp II (n = 59)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	33,391	33,307	0,311	32,975	34,236	32,864	32,872	0,239	32,546	33,183	33,484	33,470	0,163	33,254	33,721	33,161	33,222	0,298	31,784	33,538
Fe	2,116	1,710	1,519	1,058	6,732	1,826	1,778	0,390	1,312	2,348	1,600	1,835	0,630	0,855	2,342	4,154	4,193	0,822	2,352	7,051
Cu	0,367	0,017	0,801	0,000	2,803	0,290	0,253	0,203	0,069	0,616	0,003	0,000	0,004	0,000	0,011	0,050	0,000	0,106	0,000	0,550
Zn	63,252	63,565	2,272	56,213	65,144	63,629	63,722	1,327	61,548	65,096	64,750	64,721	0,475	63,775	65,564	61,931	62,095	1,134	57,245	63,924
Pb	0,024	0,000	0,039	0,000	0,124	0,013	0,000	0,029	0,000	0,065	0,027	0,022	0,028	0,000	0,070	0,024	0,000	0,038	0,000	0,177
As	0,009	0,000	0,015	0,000	0,053	0,002	0,000	0,004	0,000	0,009	0,006	0,000	0,007	0,000	0,016	0,007	0,000	0,012	0,000	0,055
Sb	0,014	0,000	0,020	0,000	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,016	0,000	0,051	0,012	0,000	0,017	0,000	0,065
Ni	0,009	0,000	0,014	0,000	0,044	0,002	0,000	0,003	0,000	0,006	0,005	0,000	0,008	0,000	0,021	0,016	0,010	0,016	0,000	0,054
Sn	0,006	0,000	0,014	0,000	0,054	0,009	0,000	0,012	0,000	0,024	0,007	0,000	0,012	0,000	0,035	0,017	0,000	0,042	0,000	0,253
Co	0,006	0,003	0,007	0,000	0,020	0,002	0,003	0,002	0,000	0,005	0,002	0,000	0,004	0,000	0,012	0,006	0,000	0,010	0,000	0,054
Mn	0,011	0,000	0,013	0,000	0,037	0,002	0,000	0,003	0,000	0,007	0,011	0,004	0,017	0,000	0,050	0,014	0,010	0,017	0,000	0,060
Au	0,004	0,000	0,008	0,000	0,033	0,008	0,000	0,012	0,000	0,024	0,007	0,000	0,010	0,000	0,029	0,006	0,000	0,011	0,000	0,051
Ag	0,012	0,009	0,013	0,000	0,040	0,121	0,012	0,255	0,000	0,577	0,008	0,000	0,013	0,000	0,032	0,010	0,002	0,013	0,000	0,047
Bi	0,002	0,000	0,009	0,000	0,040	0,009	0,000	0,020	0,000	0,044	0,002	0,000	0,005	0,000	0,015	0,002	0,000	0,010	0,000	0,066
Ge	0,004	0,000	0,008	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000	0,022	0,005	0,000	0,011	0,000	0,051
Se	0,004	0,000	0,008	0,000	0,022	0,009	0,000	0,013	0,000	0,024	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007	0,012	0,006	0,015	0,000	0,061
In	0,020	0,016	0,018	0,000	0,063	0,071	0,075	0,009	0,057	0,079	0,016	0,005	0,020	0,000	0,051	0,011	0,000	0,017	0,000	0,083
Cd	0,160	0,163	0,038	0,067	0,221	0,279	0,280	0,040	0,221	0,334	0,152	0,144	0,034	0,109	0,214	0,187	0,180	0,066	0,087	0,489
W	0,033	0,019	0,046	0,000	0,185	0,036	0,005	0,053	0,000	0,122	0,077	0,099	0,065	0,000	0,183	0,058	0,027	0,075	0,000	0,330
Mo	0,083	0,081	0,017	0,043	0,115	0,115	0,117	0,012	0,097	0,130	0,089	0,089	0,017	0,061	0,112	0,085	0,086	0,022	0,034	0,138
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,012	0,000	0,020	0,000	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,020	0,010	0,000	0,017	0,000	0,079
Distribuição de iões na base de 2 iões																				
S	1,013	1,013	0,005	1,005	1,021	1,004	1,001	0,006	0,999	1,013	1,011	1,009	0,005	1,004	1,022	1,004	1,004	0,004	0,996	1,012
Fe	0,037	0,030	0,026	0,018	0,114	0,032	0,031	0,007	0,023	0,041	0,028	0,032	0,011	0,015	0,040	0,072	0,073	0,014	0,041	0,123
Cu	0,006	0,000	0,012	0,000	0,042	0,004	0,004	0,003	0,001	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008
Zn	0,941	0,950	0,039	0,822	0,970	0,953	0,961	0,017	0,927	0,970	0,958	0,957	0,007	0,949	0,969	0,919	0,920	0,015	0,851	0,948
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Cd	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,000	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,004
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Mo	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001

Tabela XI.36 - Estatística descritiva das várias gerações de esfalerite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).

Tipo de Minério	MZP					MC					MCZ					MP				
Nº análises por geração mineral	Sp II (n = 17)					Sp II (n = 28)					Sp II (n = 44)					Sp IV (n = 7)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	33,481	33,445	0,188	33,240	33,894	33,245	33,223	0,142	32,925	33,633	33,395	33,408	0,116	33,106	33,608	33,300	33,329	0,115	33,102	33,422
Fe	3,299	3,328	1,396	0,976	5,865	0,998	0,919	0,272	0,574	1,666	1,415	1,430	0,436	0,487	2,429	1,561	1,464	0,757	0,731	2,894
Cu	0,278	0,077	0,593	0,000	2,419	0,703	0,710	0,242	0,236	1,205	0,442	0,418	0,299	0,008	1,316	1,454	1,044	1,208	0,379	3,566
Zn	63,325	63,752	1,243	60,768	65,406	65,106	65,013	0,563	64,043	66,046	65,113	65,091	0,932	61,161	66,658	63,238	63,446	2,038	59,742	65,600
Pb	0,035	0,028	0,036	0,000	0,116	0,018	0,000	0,029	0,000	0,112	0,019	0,000	0,032	0,000	0,168	0,029	0,007	0,037	0,000	0,093
As	0,005	0,000	0,010	0,000	0,037	0,006	0,000	0,011	0,000	0,047	0,004	0,000	0,009	0,000	0,036	0,002	0,000	0,003	0,000	0,009
Sb	0,011	0,000	0,017	0,000	0,050	0,009	0,000	0,014	0,000	0,052	0,016	0,013	0,018	0,000	0,064	0,005	0,000	0,011	0,000	0,030
Ni	0,010	0,000	0,017	0,000	0,049	0,011	0,002	0,016	0,000	0,061	0,016	0,011	0,018	0,000	0,060	0,007	0,000	0,011	0,000	0,029
Sn	0,026	0,013	0,040	0,000	0,154	0,008	0,000	0,014	0,000	0,044	0,007	0,000	0,012	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,006	0,001	0,008	0,000	0,023	0,007	0,001	0,009	0,000	0,027	0,005	0,000	0,012	0,000	0,057	0,011	0,007	0,012	0,000	0,031
Mn	0,013	0,007	0,015	0,000	0,044	0,013	0,003	0,017	0,000	0,061	0,006	0,000	0,009	0,000	0,028	0,003	0,000	0,007	0,000	0,019
Au	0,007	0,000	0,015	0,000	0,048	0,010	0,002	0,016	0,000	0,067	0,008	0,000	0,014	0,000	0,058	0,007	0,000	0,010	0,000	0,025
Ag	0,008	0,000	0,010	0,000	0,030	0,010	0,000	0,017	0,000	0,069	0,012	0,000	0,019	0,000	0,065	0,013	0,000	0,019	0,000	0,042
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,025	0,008	0,000	0,021	0,000	0,104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,001	0,000	0,005	0,000	0,020	0,005	0,000	0,010	0,000	0,029	0,005	0,000	0,012	0,000	0,059	0,001	0,000	0,003	0,000	0,009
Se	0,021	0,019	0,021	0,000	0,074	0,024	0,019	0,027	0,000	0,117	0,075	0,079	0,042	0,000	0,162	0,014	0,009	0,014	0,000	0,031
In	0,009	0,003	0,013	0,000	0,038	0,026	0,021	0,025	0,000	0,100	0,058	0,053	0,052	0,000	0,187	0,470	0,438	0,100	0,371	0,649
Cd	0,213	0,223	0,032	0,141	0,257	0,068	0,061	0,039	0,020	0,172	0,074	0,032	0,112	0,000	0,356	0,089	0,087	0,033	0,055	0,135
W	0,037	0,000	0,066	0,000	0,236	0,054	0,014	0,063	0,000	0,197	0,032	0,000	0,050	0,000	0,217	0,025	0,000	0,065	0,000	0,172
Mo	0,087	0,074	0,030	0,048	0,153	0,097	0,094	0,023	0,056	0,141	0,107	0,110	0,023	0,066	0,168	0,066	0,063	0,015	0,043	0,091
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,013	0,003	0,016	0,000	0,048	0,008	0,000	0,016	0,000	0,058	0,010	0,000	0,017	0,000	0,068	0,008	0,000	0,019	0,000	0,052
Distribuição de iões na base de 2 iões																				
S	1,004	1,004	0,005	0,996	1,012	1,004	1,003	0,004	0,996	1,012	1,004	1,005	0,003	0,998	1,015	1,007	1,005	0,006	0,998	1,016
Fe	0,057	0,057	0,024	0,017	0,100	0,017	0,016	0,005	0,010	0,029	0,024	0,025	0,008	0,008	0,043	0,027	0,026	0,013	0,013	0,050
Cu	0,004	0,001	0,009	0,000	0,036	0,011	0,011	0,004	0,004	0,018	0,007	0,006	0,005	0,000	0,020	0,022	0,016	0,018	0,006	0,054
Zn	0,931	0,936	0,022	0,888	0,970	0,964	0,964	0,007	0,949	0,977	0,960	0,960	0,012	0,915	0,986	0,937	0,946	0,030	0,883	0,969
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,004	0,001	0,003	0,005
Cd	0,002	0,002	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mo	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.37 - Estatística descritiva das várias gerações de calcopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME	MP					ME					MZ				
Nº análises por geração mineral	Ccp I (n = 1)	Ccp I (n = 7)					Ccp II (n = 5)					Ccp II (n = 6)				
		Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	34,831	34,909	34,862	0,166	34,701	35,192	34,862	34,812	0,300	34,460	35,192	34,720	34,751	0,189	34,431	34,942
Fe	30,550	30,446	30,460	0,129	30,234	30,650	29,677	29,862	0,661	28,687	30,424	30,243	30,175	0,314	29,964	30,856
Cu	32,998	33,047	33,097	0,138	32,851	33,205	33,183	33,260	0,310	32,672	33,513	33,389	33,459	0,163	33,145	33,541
Zn	0,000	0,045	0,046	0,048	0,000	0,115	1,184	0,753	1,049	0,375	2,938	0,319	0,256	0,298	0,055	0,781
Pb	0,111	0,042	0,047	0,040	0,000	0,096	0,046	0,069	0,043	0,000	0,091	0,070	0,071	0,046	0,019	0,117
As	0,025	0,007	0,000	0,019	0,000	0,049	0,002	0,000	0,003	0,000	0,007	0,009	0,001	0,013	0,000	0,028
Sb	0,000	0,005	0,000	0,014	0,000	0,037	0,008	0,000	0,014	0,000	0,032	0,011	0,002	0,016	0,000	0,036
Ni	0,000	0,004	0,000	0,008	0,000	0,022	0,011	0,002	0,019	0,000	0,045	0,004	0,000	0,007	0,000	0,017
Sn	0,014	0,024	0,011	0,030	0,000	0,075	0,011	0,000	0,016	0,000	0,032	0,066	0,057	0,041	0,023	0,132
Co	0,017	0,016	0,011	0,015	0,001	0,045	0,010	0,006	0,010	0,000	0,027	0,009	0,007	0,011	0,000	0,027
Mn	0,000	0,006	0,001	0,011	0,000	0,029	0,006	0,000	0,010	0,000	0,023	0,010	0,000	0,018	0,000	0,044
Au	0,004	0,007	0,000	0,012	0,000	0,027	0,006	0,000	0,009	0,000	0,020	0,013	0,000	0,023	0,000	0,057
Ag	0,027	0,014	0,000	0,023	0,000	0,059	0,012	0,010	0,011	0,000	0,027	0,010	0,005	0,014	0,000	0,035
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,050	0,000	0,111	0,003	0,000	0,006	0,000	0,015
Ge	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000	0,013	0,002	0,000	0,005	0,000	0,012	0,005	0,001	0,008	0,000	0,020
Se	0,000	0,011	0,011	0,010	0,000	0,028	0,006	0,000	0,013	0,000	0,029	0,015	0,010	0,018	0,000	0,042
In	0,027	0,037	0,030	0,018	0,017	0,064	0,019	0,000	0,026	0,000	0,054	0,018	0,015	0,019	0,000	0,049
Cd	0,000	0,010	0,005	0,011	0,000	0,028	0,026	0,020	0,025	0,000	0,067	0,012	0,001	0,018	0,000	0,038
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,078	0,059	0,056	0,026	0,031	0,107	0,053	0,048	0,021	0,024	0,077	0,062	0,066	0,021	0,029	0,083
Ga	0,020	0,001	0,000	0,003	0,000	0,008	0,023	0,026	0,025	0,000	0,059	0,002	0,000	0,005	0,000	0,013
Te	0,031	0,006	0,003	0,009	0,000	0,026	0,009	0,005	0,011	0,000	0,027	0,009	0,006	0,010	0,000	0,025
Distribuição de iões na base de 4 iões																
S	2,016	2,019	2,019	0,006	2,012	2,029	2,012	2,009	0,008	2,002	2,022	2,007	2,006	0,004	2,003	2,015
Fe	1,015	1,011	1,011	0,006	1,005	1,020	0,983	0,990	0,025	0,947	1,010	1,004	1,002	0,009	0,994	1,019
Cu	0,964	0,964	0,964	0,004	0,960	0,969	0,966	0,968	0,011	0,948	0,976	0,974	0,974	0,005	0,967	0,981
Zn	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,033	0,021	0,030	0,011	0,083	0,009	0,007	0,008	0,002	0,022
Pb	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001
As	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
Co	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
In	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002
Ga	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.38 - Estatística descritiva das várias gerações de calcopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).

Tipo de Minério	MP					MZP					MC					MCZ						
Nº análises por geração mineral	Ccp II (n = 6)					Ccp II (n = 3)					Ccp III (n = 68)					Ccp III (n = 103)						
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
S	34.809	34.819	0,106	34.657	34.934	35,042	35,001	0,073	34.998	35,126	34,825	34,850	0,215	33,976	35,268	35,023	35,007	0,167	34,637	35,521	34,918	35,099
Fe	29.990	29.919	0,268	29.729	30,360	30,568	30,596	0,055	30,505	30,603	30,349	30,338	0,207	29,843	30,946	30,520	30,548	0,283	29,276	31,019	30,391	30,701
Cu	33.534	33,474	0,181	33,379	33,851	34,018	34,161	0,285	33,690	34,203	33,832	33,879	0,292	32,939	34,342	34,277	34,311	0,194	33,840	34,740	34,168	34,383
Zn	0,041	0,033	0,038	0,000	0,098	0,206	0,000	0,357	0,000	0,618	0,095	0,051	0,130	0,000	0,736	0,155	0,109	0,160	0,000	1,101	0,062	0,176
Pb	0,074	0,076	0,066	0,000	0,164	0,035	0,000	0,061	0,000	0,105	0,049	0,045	0,048	0,000	0,261	0,040	0,029	0,042	0,000	0,144	0,000	0,068
As	0,005	0,002	0,006	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,009	0,000	0,045	0,008	0,001	0,012	0,000	0,058	0,000	0,014
Sb	0,013	0,009	0,015	0,000	0,036	0,008	0,010	0,007	0,000	0,013	0,012	0,000	0,016	0,000	0,074	0,012	0,001	0,017	0,000	0,087	0,000	0,021
Ni	0,025	0,025	0,017	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,012	0,000	0,057	0,010	0,000	0,015	0,000	0,059	0,000	0,017
Sn	0,092	0,077	0,060	0,029	0,205	0,023	0,032	0,020	0,000	0,038	0,052	0,045	0,046	0,000	0,353	0,052	0,050	0,032	0,000	0,135	0,027	0,076
Co	0,013	0,013	0,012	0,000	0,028	0,002	0,002	0,002	0,000	0,003	0,015	0,009	0,015	0,000	0,049	0,017	0,009	0,029	0,000	0,202	0,000	0,027
Mn	0,008	0,005	0,010	0,000	0,021	0,004	0,006	0,004	0,000	0,007	0,008	0,000	0,014	0,000	0,072	0,007	0,000	0,010	0,000	0,056	0,000	0,014
Au	0,016	0,015	0,015	0,000	0,034	0,017	0,000	0,030	0,000	0,052	0,010	0,000	0,015	0,000	0,061	0,012	0,000	0,019	0,000	0,082	0,000	0,020
Ag	0,012	0,002	0,018	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,013	0,000	0,044	0,009	0,000	0,014	0,000	0,058	0,000	0,013
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,036	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,003	0,003	0,000	0,008	0,000	0,031	0,005	0,000	0,012	0,000	0,059	0,000	0,002
Se	0,007	0,000	0,012	0,000	0,027	0,031	0,030	0,019	0,013	0,050	0,049	0,049	0,038	0,000	0,122	0,059	0,059	0,034	0,000	0,169	0,038	0,085
In	0,067	0,061	0,052	0,000	0,140	0,021	0,000	0,037	0,000	0,064	0,034	0,028	0,028	0,000	0,124	0,037	0,032	0,032	0,000	0,128	0,012	0,058
Cd	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005	0,019	0,009	0,025	0,000	0,047	0,007	0,000	0,012	0,000	0,051	0,007	0,000	0,012	0,000	0,053	0,000	0,010
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,048	0,054	0,023	0,010	0,072	0,071	0,079	0,033	0,035	0,099	0,069	0,066	0,023	0,013	0,134	0,067	0,065	0,023	0,000	0,115	0,052	0,084
Ga	0,004	0,000	0,006	0,000	0,012	0,014	0,000	0,024	0,000	0,041	0,008	0,000	0,013	0,000	0,054	0,007	0,000	0,014	0,000	0,078	0,000	0,007
Te	0,011	0,000	0,017	0,000	0,033	0,004	0,000	0,008	0,000	0,013	0,007	0,000	0,014	0,000	0,067	0,010	0,000	0,016	0,000	0,067	0,000	0,017
Distribuição de iões na base de 4 iões																						
S	2,015	2,015	0,005	2,008	2,022	2,004	2,005	0,002	2,002	2,006	2,005	2,006	0,006	1,980	2,020	2,000	1,999	0,005	1,990	2,012	1,997	2,003
Fe	0,997	0,997	0,006	0,989	1,004	1,004	1,003	0,001	1,003	1,005	1,003	1,003	0,006	0,989	1,021	1,001	1,002	0,006	0,981	1,011	0,999	1,006
Cu	0,980	0,978	0,004	0,975	0,986	0,982	0,985	0,008	0,972	0,987	0,983	0,984	0,006	0,963	0,992	0,988	0,988	0,004	0,977	1,000	0,985	0,991
Zn	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,006	0,000	0,010	0,000	0,017	0,003	0,001	0,004	0,000	0,021	0,004	0,003	0,004	0,000	0,031	0,002	0,005
Pb	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Ni	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001
Sn	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,006	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,006	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,004	0,001	0,002
In	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000

Tabela XI.39 - Estatística descritiva das várias gerações de calcopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).

Tipo de Minério	MP					MC	MCZ					MP				
Nº análises por geração mineral	Ccp IV (n = 14)					Ccp IV (n = 1)	Ccp IV (n = 5)					Ccp_veios (n = 7)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo		Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	34,819	34,842	0,197	34,318	35,080	34,646	35,200	35,179	0,083	35,117	35,325	34,886	34,819	0,178	34,661	35,213
Fe	30,347	30,368	0,210	29,980	30,814	30,041	30,901	30,916	0,118	30,728	31,014	30,477	30,393	0,223	30,272	30,894
Cu	33,441	33,494	0,256	33,004	33,985	33,565	34,502	34,554	0,125	34,328	34,613	33,670	33,857	0,360	32,970	34,003
Zn	0,041	0,029	0,039	0,000	0,126	0,088	0,034	0,024	0,030	0,007	0,082	0,038	0,031	0,030	0,000	0,086
Pb	0,011	0,000	0,017	0,000	0,050	0,105	0,024	0,013	0,030	0,000	0,071	0,017	0,000	0,025	0,000	0,061
As	0,010	0,007	0,012	0,000	0,033	0,000	0,008	0,003	0,011	0,000	0,026	0,005	0,000	0,007	0,000	0,016
Sb	0,005	0,000	0,008	0,000	0,025	0,000	0,004	0,000	0,010	0,000	0,022	0,002	0,000	0,003	0,000	0,008
Ni	0,009	0,000	0,015	0,000	0,040	0,000	0,010	0,000	0,015	0,000	0,031	0,006	0,007	0,007	0,000	0,016
Sn	0,032	0,042	0,029	0,000	0,087	0,042	0,036	0,045	0,034	0,000	0,080	0,040	0,021	0,045	0,000	0,111
Co	0,009	0,002	0,013	0,000	0,041	0,004	0,015	0,021	0,013	0,000	0,029	0,012	0,009	0,008	0,001	0,027
Mn	0,008	0,000	0,011	0,000	0,025	0,000	0,009	0,009	0,007	0,000	0,020	0,006	0,000	0,011	0,000	0,027
Au	0,006	0,000	0,012	0,000	0,041	0,000	0,012	0,001	0,018	0,000	0,041	0,015	0,009	0,019	0,000	0,052
Ag	0,019	0,017	0,014	0,000	0,045	0,013	0,007	0,000	0,011	0,000	0,025	0,032	0,016	0,048	0,000	0,136
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,006	0,000	0,009	0,000	0,025	0,000	0,012	0,009	0,013	0,000	0,028	0,005	0,000	0,009	0,000	0,024
Se	0,011	0,000	0,016	0,000	0,044	0,028	0,036	0,033	0,019	0,009	0,056	0,020	0,020	0,014	0,000	0,040
In	0,076	0,076	0,040	0,011	0,137	0,105	0,031	0,029	0,020	0,001	0,055	0,110	0,082	0,068	0,036	0,228
Cd	0,008	0,000	0,017	0,000	0,061	0,000	0,011	0,000	0,023	0,000	0,052	0,013	0,001	0,018	0,000	0,048
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,063	0,070	0,027	0,024	0,129	0,045	0,075	0,069	0,015	0,057	0,093	0,068	0,055	0,034	0,027	0,115
Ga	0,008	0,000	0,017	0,000	0,051	0,000	0,006	0,000	0,013	0,000	0,030	0,004	0,000	0,009	0,000	0,024
Te	0,008	0,000	0,014	0,000	0,046	0,000	0,005	0,000	0,007	0,000	0,016	0,003	0,000	0,006	0,000	0,016
Distribuição de iões na base de 4 iões																
S	2,012	2,012	0,007	1,996	2,023	2,010	1,998	1,997	0,004	1,994	2,005	2,008	2,006	0,006	2,003	2,020
Fe	1,007	1,005	0,007	0,999	1,029	1,000	1,007	1,007	0,002	1,004	1,009	1,007	1,003	0,009	1,002	1,026
Cu	0,975	0,975	0,006	0,961	0,985	0,982	0,988	0,988	0,002	0,985	0,991	0,978	0,982	0,010	0,963	0,988
Zn	0,001	0,001	0,001	0,000	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sn	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
In	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.40 - Estatística descritiva das várias gerações de galena analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME	MP					MZP					MP					MP				
Nº análises por geração mineral	Gn I (n = 1)	Gn II (n = 20)					Gn II (n = 12)					Gn IV (n = 12)					Gn_veios (n = 6)				
		Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	13,309	12,884	12,789	0,259	12,638	13,385	12,654	12,681	0,125	12,459	12,809	12,990	12,771	0,462	12,586	14,149	12,932	12,922	0,639	12,285	13,608
Fe	1,116	0,355	0,248	0,368	0,029	1,509	0,192	0,154	0,127	0,057	0,471	0,275	0,109	0,566	0,050	2,065	0,436	0,416	0,184	0,231	0,704
Cu	0,121	0,035	0,000	0,062	0,000	0,192	0,007	0,000	0,015	0,000	0,039	0,402	0,217	0,650	0,000	2,405	0,408	0,319	0,451	0,000	1,028
Zn	1,273	0,025	0,002	0,039	0,000	0,114	0,110	0,017	0,216	0,000	0,721	0,020	0,000	0,038	0,000	0,104	0,034	0,005	0,054	0,000	0,132
Pb	85,370	86,444	86,466	0,402	85,654	87,106	85,882	85,915	0,297	85,298	86,348	85,848	86,544	1,919	80,104	87,168	85,125	85,241	0,771	83,946	86,105
As	0,013	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008	0,002	0,000	0,007	0,000	0,025	0,002	0,000	0,006	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,049	0,011	0,000	0,018	0,000	0,071	0,012	0,003	0,021	0,000	0,074	0,017	0,005	0,020	0,000	0,048	0,135	0,032	0,224	0,000	0,572
Ni	0,029	0,023	0,019	0,024	0,000	0,067	0,009	0,004	0,012	0,000	0,039	0,023	0,004	0,037	0,000	0,097	0,034	0,013	0,050	0,000	0,127
Sn	0,000	0,017	0,007	0,023	0,000	0,074	0,032	0,028	0,031	0,000	0,095	0,009	0,000	0,018	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,007	0,000	0,010	0,000	0,031	0,017	0,014	0,018	0,000	0,054	0,005	0,000	0,012	0,000	0,040	0,004	0,000	0,007	0,000	0,018
Mn	0,000	0,010	0,003	0,014	0,000	0,043	0,007	0,000	0,011	0,000	0,029	0,008	0,000	0,013	0,000	0,036	0,014	0,009	0,016	0,000	0,036
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,033	0,013	0,000	0,019	0,000	0,060	0,003	0,000	0,009	0,000	0,031	0,004	0,000	0,008	0,000	0,021	0,050	0,000	0,094	0,000	0,235
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,047	0,035	0,034	0,016	0,000	0,060	0,030	0,032	0,017	0,001	0,057	0,030	0,026	0,020	0,000	0,059	0,024	0,021	0,023	0,000	0,063
Se	0,002	0,844	1,035	0,392	0,223	1,318	1,438	1,439	0,161	1,218	1,652	0,881	1,313	0,660	0,008	1,513	0,781	0,667	0,851	0,000	1,724
In	0,012	0,001	0,000	0,005	0,000	0,022	0,004	0,000	0,012	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,015
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,047	0,004	0,066	0,000	0,177	0,048	0,018	0,072	0,000	0,235	0,040	0,000	0,075	0,000	0,220	0,049	0,000	0,078	0,000	0,175
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,000	0,017	0,014	0,017	0,000	0,051	0,034	0,034	0,024	0,000	0,082	0,032	0,026	0,026	0,000	0,066	0,010	0,000	0,015	0,000	0,036
Te	0,004	0,037	0,036	0,030	0,000	0,098	0,029	0,035	0,028	0,000	0,089	0,060	0,050	0,046	0,000	0,124	0,057	0,048	0,028	0,028	0,103
Distribuição de iões na base de 2 iões																					
S	0,953	0,957	0,953	0,012	0,941	0,983	0,945	0,946	0,006	0,930	0,954	0,959	0,950	0,019	0,937	0,993	0,957	0,959	0,026	0,923	0,983
Fe	0,046	0,015	0,011	0,015	0,001	0,063	0,008	0,007	0,005	0,002	0,020	0,011	0,005	0,022	0,002	0,081	0,019	0,018	0,008	0,010	0,030
Cu	0,004	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,014	0,008	0,022	0,000	0,083	0,015	0,012	0,016	0,000	0,037
Zn	0,045	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,004	0,001	0,008	0,000	0,026	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005
Pb	0,946	0,994	0,998	0,012	0,961	1,009	0,993	0,993	0,005	0,983	1,004	0,982	0,994	0,042	0,852	1,004	0,976	0,979	0,017	0,949	0,992
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,004	0,000	0,011
Ni	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
Se	0,000	0,026	0,032	0,012	0,007	0,040	0,044	0,044	0,005	0,037	0,049	0,027	0,040	0,020	0,000	0,046	0,024	0,021	0,026	0,000	0,053
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Te	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002

Tabela XI.41 - Estatística descritiva das várias gerações de galena-claustalites analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..* análises com totais baixos

Tipo de Minério	MZ					MC					MC					MCZ					MC				
Nº análises por geração mineral	Gn-Cth II (n = 15)					Gn-Cth II (n = 9)*					Gn-Cth III (n = 5)*					Gn-Cth III (n = 11)					Gn-Cth IV (n = 3)*				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	8,719	8,759	0,457	8,036	9,798	5,407	5,400	0,391	4,513	5,843	10,536	10,830	0,927	9,289	11,673	5,594	6,078	1,960	2,696	8,800	8,401	8,681	1,037	7,252	9,269
Fe	0,439	0,314	0,301	0,127	1,044	0,550	0,164	0,575	0,018	1,394	0,246	0,321	0,135	0,084	0,363	0,180	0,119	0,122	0,041	0,437	0,445	0,374	0,169	0,323	0,637
Cu	0,016	0,000	0,028	0,000	0,093	0,226	0,047	0,291	0,000	0,847	1,037	0,998	0,274	0,690	1,382	0,142	0,021	0,227	0,000	0,715	0,480	0,048	0,766	0,027	1,364
Zn	0,409	0,375	0,282	0,052	1,077	0,024	0,014	0,036	0,000	0,112	0,064	0,074	0,061	0,000	0,138	0,443	0,296	0,403	0,049	1,234	0,049	0,053	0,048	0,000	0,095
Pb	82,216	82,068	0,684	81,087	83,577	70,535	72,452	6,055	55,161	75,171	83,061	84,096	1,683	80,962	84,577	76,589	76,577	2,663	70,336	80,257	78,439	78,482	1,180	77,239	79,597
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,017	0,017	0,019	0,000	0,055	0,015	0,000	0,020	0,000	0,043	0,001	0,000	0,003	0,000	0,006	0,019	0,007	0,024	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,011	0,000	0,020	0,000	0,072	0,017	0,007	0,023	0,000	0,066	0,031	0,029	0,026	0,000	0,069	0,011	0,000	0,025	0,000	0,084	0,012	0,003	0,019	0,000	0,034
Sn	0,020	0,010	0,025	0,000	0,063	0,014	0,000	0,021	0,000	0,056	0,015	0,000	0,021	0,000	0,043	0,004	0,000	0,014	0,000	0,046	0,004	0,000	0,006	0,000	0,011
Co	0,004	0,000	0,009	0,000	0,034	0,019	0,016	0,021	0,000	0,062	0,015	0,012	0,013	0,000	0,036	0,011	0,002	0,017	0,000	0,047	0,007	0,000	0,012	0,000	0,020
Mn	0,012	0,009	0,014	0,000	0,044	0,007	0,000	0,011	0,000	0,025	0,020	0,015	0,017	0,000	0,044	0,018	0,004	0,021	0,000	0,054	0,024	0,021	0,014	0,012	0,040
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,031	0,016	0,038	0,000	0,103	0,785	0,832	0,283	0,264	1,165	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,220	0,242	0,102	0,026	0,348	0,825	0,853	0,052	0,765	0,857
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,822	0,000	5,465	0,000	16,396	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,490	0,000	1,625	0,000	5,388	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,017	0,009	0,016	0,000	0,048	0,011	0,005	0,016	0,000	0,051	0,016	0,006	0,023	0,000	0,055	0,009	0,000	0,012	0,000	0,034	0,010	0,013	0,009	0,000	0,016
Se	8,196	8,340	1,052	5,283	9,569	14,550	14,677	0,371	13,882	15,089	5,208	4,786	1,463	3,429	7,032	14,201	13,758	4,115	5,953	19,649	8,848	7,769	1,980	7,642	11,134
In	0,008	0,000	0,019	0,000	0,069	0,003	0,000	0,006	0,000	0,017	0,018	0,000	0,028	0,000	0,062	0,008	0,000	0,013	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,015	0,000	0,036	0,000	0,129	0,007	0,000	0,011	0,000	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,079	0,000	0,101	0,000	0,245	0,076	0,082	0,034	0,039	0,107
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,016	0,006	0,021	0,000	0,059	0,014	0,010	0,015	0,000	0,045	0,010	0,006	0,012	0,000	0,027	0,010	0,000	0,013	0,000	0,028	0,015	0,020	0,013	0,001	0,025
Te	0,034	0,019	0,035	0,000	0,110	0,036	0,025	0,025	0,010	0,083	0,059	0,061	0,035	0,000	0,087	0,065	0,069	0,035	0,000	0,129	0,061	0,065	0,060	0,000	0,119
Distribuição de iões na base de 2 iões																									
S	0,689	0,685	0,032	0,640	0,763	0,465	0,470	0,027	0,401	0,485	0,801	0,816	0,053	0,736	0,868	0,468	0,494	0,159	0,237	0,755	0,672	0,704	0,064	0,598	0,713
Fe	0,020	0,014	0,014	0,006	0,047	0,022	0,008	0,025	0,001	0,065	0,011	0,014	0,006	0,004	0,016	0,009	0,006	0,006	0,002	0,021	0,020	0,017	0,008	0,015	0,030
Cu	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,006	0,002	0,008	0,000	0,018	0,040	0,038	0,010	0,028	0,053	0,006	0,001	0,009	0,000	0,029	0,019	0,002	0,030	0,001	0,053
Zn	0,016	0,015	0,011	0,002	0,042	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,003	0,002	0,000	0,005	0,018	0,012	0,016	0,002	0,051	0,002	0,002	0,002	0,000	0,004
Pb	1,006	1,004	0,005	0,998	1,019	0,939	0,965	0,075	0,759	0,983	0,979	0,981	0,012	0,964	0,993	0,995	1,003	0,026	0,934	1,024	0,973	0,985	0,022	0,948	0,986
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Sn	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Mn	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,020	0,023	0,008	0,007	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,003	0,001	0,009	0,020	0,021	0,002	0,018	0,021
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,000	0,079	0,000	0,224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,021	0,000						

Tipo de Minério	MCZ				
Nº análises por geração mineral	Cosalite (n = 14)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	11,965	12,153	0,502	10,480	12,347
Fe	0,149	0,096	0,142	0,008	0,481
Cu	1,151	1,043	0,405	0,708	2,278
Zn	0,381	0,248	0,379	0,053	1,101
Pb	38,867	38,990	0,856	37,489	40,276
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	1,633	1,658	0,286	0,931	2,036
Ni	0,010	0,000	0,013	0,000	0,031
Sn	0,002	0,000	0,004	0,000	0,011
Co	0,019	0,016	0,021	0,000	0,075
Mn	0,008	0,001	0,012	0,000	0,035
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,072	0,082	0,044	0,000	0,137
Bi	34,182	33,850	1,219	32,609	37,065
Ge	0,013	0,005	0,017	0,000	0,047
Se	7,733	7,758	0,240	7,451	8,307
In	0,003	0,000	0,007	0,000	0,021
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,038	0,000	0,069	0,000	0,230
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,013	0,008	0,014	0,000	0,041
Te	0,004	0,000	0,009	0,000	0,033
Distribuição de iões na base de 9 iões					
S	3,885	3,916	0,131	3,493	4,043
Fe	0,028	0,018	0,026	0,001	0,088
Cu	0,188	0,169	0,065	0,120	0,372
Zn	0,061	0,039	0,060	0,008	0,180
Pb	1,954	1,962	0,047	1,893	2,030
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,140	0,143	0,024	0,082	0,175
Ni	0,002	0,000	0,002	0,000	0,006
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Co	0,003	0,003	0,004	0,000	0,013
Mn	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,007	0,008	0,004	0,000	0,013
Bi	1,704	1,688	0,078	1,597	1,895
Ge	0,002	0,001	0,002	0,000	0,007
Se	1,020	1,017	0,032	0,981	1,077
In	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,002	0,000	0,004	0,000	0,013
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,002	0,001	0,002	0,000	0,006
Te	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003

Tabela XI.42 - Estatística descritiva das várias gerações de cosalites analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u.. Análises com totais baixos

Tabela XI.43 - Estatística descritiva das várias gerações de arsenopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME					MZ					MP					MZP				
Nº análises por geração mineral	Apy I (n = 4)					Apy I (n = 8)					Apy I (n = 3)					Apy I (n = 2)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	20,613	20,572	0,321	20,281	21,027	20,859	21,277	0,904	19,202	21,617	20,952	21,223	0,967	19,878	21,755	21,797	21,797	0,134	21,702	21,891
Fe	34,957	34,943	0,236	34,735	35,207	35,211	35,322	0,384	34,582	35,780	34,774	34,679	0,852	33,973	35,670	35,942	35,942	0,238	35,774	36,110
Cu	0,020	0,000	0,039	0,000	0,078	0,010	0,000	0,029	0,000	0,083	0,005	0,000	0,008	0,000	0,014	0,008	0,008	0,011	0,000	0,016
Zn	0,007	0,000	0,014	0,000	0,028	0,938	0,785	0,729	0,198	2,254	0,032	0,029	0,034	0,000	0,068	0,020	0,020	0,028	0,000	0,040
Pb	0,058	0,018	0,086	0,007	0,187	0,027	0,004	0,038	0,000	0,099	0,082	0,050	0,101	0,000	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	42,422	42,367	0,222	42,219	42,737	42,857	42,439	1,068	41,600	44,457	42,592	42,232	0,803	42,032	43,512	42,595	42,595	0,422	42,296	42,893
Sb	0,424	0,422	0,188	0,197	0,657	0,264	0,129	0,374	0,000	1,140	0,359	0,322	0,228	0,152	0,604	0,120	0,120	0,047	0,087	0,153
Ni	0,002	0,000	0,004	0,000	0,007	0,025	0,023	0,020	0,000	0,060	0,005	0,002	0,008	0,000	0,014	0,003	0,003	0,004	0,000	0,005
Sn	0,015	0,019	0,010	0,000	0,023	0,003	0,000	0,007	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,006	0,000	0,009
Co	0,032	0,030	0,026	0,003	0,067	0,019	0,020	0,013	0,000	0,035	0,473	0,529	0,413	0,035	0,856	0,023	0,023	0,001	0,022	0,024
Mn	0,008	0,004	0,011	0,000	0,023	0,011	0,007	0,012	0,000	0,031	0,006	0,000	0,010	0,000	0,017	0,005	0,005	0,006	0,000	0,009
Au	0,022	0,026	0,015	0,000	0,036	0,022	0,006	0,029	0,000	0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,028	0,040	0,000	0,056
Ag	0,010	0,008	0,012	0,000	0,024	0,011	0,003	0,020	0,000	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007	0,010	0,000	0,014
Bi	0,034	0,000	0,067	0,000	0,134	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,041	0,000	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,005	0,000	0,011	0,000	0,021	0,007	0,000	0,010	0,000	0,022	0,009	0,000	0,015	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,012	0,000	0,024	0,000	0,047	0,015	0,006	0,019	0,000	0,044	0,006	0,008	0,005	0,000	0,010	0,035	0,035	0,011	0,027	0,043
W	0,100	0,093	0,097	0,000	0,214	0,038	0,001	0,070	0,000	0,201	0,056	0,058	0,056	0,000	0,111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,016	0,006	0,024	0,000	0,051	0,018	0,020	0,017	0,000	0,046	0,015	0,007	0,017	0,003	0,035	0,013	0,013	0,018	0,000	0,025
Ga	0,002	0,000	0,005	0,000	0,009	0,001	0,000	0,004	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,009	0,005	0,013	0,000	0,027	0,006	0,000	0,014	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Distribuição de iões na base de 3 iões																				
S	1,047	1,045	0,013	1,036	1,063	1,042	1,060	0,038	0,975	1,078	1,055	1,067	0,034	1,017	1,081	1,076	1,076	0,001	1,076	1,077
Fe	1,020	1,019	0,004	1,015	1,026	1,011	1,011	0,013	0,986	1,026	1,006	1,001	0,011	0,998	1,018	1,019	1,019	0,000	1,019	1,019
Cu	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,023	0,019	0,018	0,005	0,054	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Pb	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	0,923	0,921	0,009	0,914	0,935	0,917	0,906	0,030	0,886	0,966	0,918	0,909	0,030	0,894	0,953	0,900	0,900	0,003	0,898	0,902
Sb	0,006	0,006	0,003	0,003	0,009	0,004	0,002	0,005	0,000	0,015	0,005	0,004	0,003	0,002	0,008	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,013	0,014	0,012	0,001	0,024	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
W	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.44 - Estatística descritiva das várias gerações de arsenopirite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).

Tipo de Minério	MC					MC					MC					MCZ					MP
Nº análises por geração mineral	Apy I (n = 12)					Apy II (n = 2)					Apy III (n = 3)					Apy III (n = 6)					Apy IV (n = 1)
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	
S	20,686	20,683	0,522	19,517	21,276	21,040	21,040	0,151	20,933	21,147	19,856	19,740	0,656	19,266	20,563	20,364	20,413	0,465	19,621	20,922	19,367
Fe	34,774	34,999	0,563	33,759	35,371	35,094	35,094	0,247	34,919	35,268	34,844	34,695	0,354	34,588	35,248	34,758	34,827	0,783	33,796	35,704	33,001
Cu	0,446	0,434	0,268	0,000	0,811	0,142	0,142	0,200	0,000	0,283	0,276	0,163	0,347	0,000	0,665	0,195	0,149	0,181	0,012	0,417	1,192
Zn	0,022	0,000	0,034	0,000	0,087	0,039	0,039	0,019	0,025	0,052	0,059	0,060	0,059	0,000	0,117	0,229	0,191	0,144	0,046	0,477	0,125
Pb	0,083	0,035	0,116	0,000	0,392	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,015	0,054	0,000	0,100	0,025	0,020	0,030	0,000	0,071	0,112
As	42,511	42,549	1,010	40,911	43,906	41,341	41,341	0,390	41,065	41,617	43,993	44,320	1,059	42,809	44,851	43,002	43,240	0,821	41,473	43,644	39,150
Sb	0,030	0,027	0,030	0,000	0,092	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,365	0,207	0,378	0,056	1,073	6,270
Ni	0,225	0,223	0,190	0,000	0,595	0,079	0,079	0,071	0,029	0,129	0,002	0,000	0,003	0,000	0,006	0,034	0,025	0,035	0,003	0,103	0,010
Sn	0,016	0,009	0,017	0,000	0,046	0,004	0,004	0,005	0,000	0,007	0,007	0,000	0,012	0,000	0,020	0,009	0,000	0,022	0,000	0,054	0,000
Co	0,363	0,217	0,322	0,033	0,989	0,156	0,156	0,187	0,023	0,288	0,136	0,092	0,083	0,084	0,232	0,751	0,638	0,450	0,257	1,355	0,066
Mn	0,018	0,006	0,027	0,000	0,085	0,007	0,007	0,009	0,000	0,013	0,006	0,000	0,010	0,000	0,018	0,008	0,000	0,019	0,000	0,046	0,016
Au	0,014	0,000	0,021	0,000	0,057	0,008	0,008	0,011	0,000	0,016	0,004	0,000	0,008	0,000	0,013	0,014	0,008	0,020	0,000	0,051	0,024
Ag	0,014	0,004	0,021	0,000	0,063	0,035	0,035	0,017	0,023	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,013	0,000	0,032	0,002
Bi	0,018	0,000	0,061	0,000	0,212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	0,000	0,227	0,000	0,557	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,405	0,514	0,326	0,000	0,852	0,617	0,617	0,422	0,318	0,915	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,149	0,018	0,258	0,000	0,649	0,000
In	0,018	0,005	0,026	0,000	0,083	0,019	0,019	0,006	0,015	0,023	0,011	0,000	0,018	0,000	0,032	0,011	0,000	0,027	0,000	0,067	0,010
Cd	0,004	0,000	0,008	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,032	0,020	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
W	0,022	0,000	0,049	0,000	0,156	0,036	0,036	0,051	0,000	0,072	0,020	0,000	0,035	0,000	0,060	0,010	0,001	0,018	0,000	0,044	0,000
Mo	0,016	0,012	0,016	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,007	0,009	0,006	0,011	0,000	0,026	0,032
Ga	0,001	0,000	0,004	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,016	0,018	0,015	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,006	0,008	0,000	0,015	0,003	0,000	0,006	0,000	0,015	0,000
Distribuição de iões na base de 3 iões																					
S	1,041	1,039	0,025	0,991	1,075	1,063	1,063	0,007	1,058	1,068	1,010	0,999	0,027	0,991	1,041	1,026	1,026	0,018	1,000	1,053	1,011
Fe	1,004	1,008	0,016	0,974	1,026	1,018	1,018	0,007	1,013	1,023	1,018	1,024	0,011	1,005	1,024	1,005	1,003	0,019	0,981	1,029	0,989
Cu	0,011	0,011	0,007	0,000	0,020	0,004	0,004	0,005	0,000	0,007	0,007	0,004	0,009	0,000	0,017	0,005	0,004	0,005	0,000	0,011	0,031
Zn	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,003	0,006	0,005	0,004	0,001	0,012	0,003
Pb	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
As	0,915	0,914	0,021	0,885	0,952	0,894	0,894	0,008	0,888	0,900	0,958	0,972	0,027	0,927	0,975	0,927	0,930	0,021	0,893	0,952	0,875
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,005	0,001	0,014	0,086
Ni	0,006	0,006	0,005	0,000	0,016	0,002	0,002	0,002	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Co	0,010	0,006	0,009	0,001	0,027	0,004	0,004	0,005	0,001	0,008	0,004	0,003	0,002	0,002	0,006	0,021	0,017	0,012	0,007	0,037	0,002
Mn	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,008	0,010	0,007	0,000	0,018	0,013	0,013	0,009	0,007	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000	0,013	0,000
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.45 - Estatística descritiva das várias gerações de arsenopirite cobaltífera -Danaite, analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MC					MC				
Nº análises por geração mineral	Asp-Dnt I (n = 18)					Asp-Dnt II (n = 6)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	20,718	20,668	0,608	19,705	21,697	21,164	21,161	0,514	20,515	21,877
Fe	30,775	30,825	2,077	25,075	34,049	29,672	29,773	1,715	27,237	31,519
Cu	0,587	0,672	0,290	0,032	1,036	0,260	0,147	0,306	0,000	0,730
Zn	0,024	0,000	0,038	0,000	0,113	0,015	0,004	0,021	0,000	0,045
Pb	0,108	0,090	0,105	0,000	0,429	0,026	0,000	0,044	0,000	0,105
As	42,576	42,477	0,909	41,467	44,467	41,391	41,486	0,316	40,805	41,649
Sb	0,037	0,000	0,088	0,000	0,350	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003
Ni	0,189	0,200	0,148	0,000	0,435	0,184	0,209	0,090	0,067	0,282
Sn	0,008	0,000	0,014	0,000	0,053	0,006	0,000	0,009	0,000	0,020
Co	4,638	4,670	2,033	1,798	10,074	5,794	5,876	1,900	3,621	8,754
Mn	0,012	0,005	0,017	0,000	0,063	0,006	0,000	0,014	0,000	0,034
Au	0,015	0,000	0,024	0,000	0,062	0,009	0,000	0,018	0,000	0,044
Ag	0,005	0,001	0,008	0,000	0,024	0,005	0,000	0,012	0,000	0,029
Bi	0,003	0,000	0,009	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,212	0,011	0,353	0,000	1,274	0,201	0,082	0,307	0,000	0,790
In	0,009	0,000	0,015	0,000	0,053	0,008	0,008	0,008	0,000	0,017
Cd	0,005	0,000	0,011	0,000	0,036	0,020	0,015	0,025	0,000	0,065
W	0,018	0,000	0,036	0,000	0,104	0,049	0,008	0,074	0,000	0,178
Mo	0,017	0,018	0,010	0,000	0,032	0,028	0,024	0,031	0,000	0,069
Ga	0,002	0,000	0,005	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,011	0,002	0,016	0,000	0,051	0,019	0,009	0,026	0,000	0,066

Distribuição de iões na base de 3 iões

S	1,041	1,044	0,025	0,991	1,074	1,068	1,067	0,020	1,045	1,100
Fe	0,888	0,884	0,058	0,733	0,984	0,860	0,857	0,053	0,785	0,922
Cu	0,015	0,017	0,007	0,001	0,026	0,007	0,004	0,008	0,000	0,019
Zn	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Pb	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
As	0,916	0,911	0,023	0,887	0,955	0,894	0,895	0,011	0,878	0,908
Sb	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,005	0,005	0,004	0,000	0,012	0,005	0,006	0,002	0,002	0,008
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,127	0,127	0,056	0,049	0,279	0,159	0,160	0,052	0,100	0,239
Mn	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,004	0,000	0,007	0,000	0,026	0,004	0,002	0,006	0,000	0,016
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001

Tabela XI.46 - Estatística descritiva das várias gerações, próximas do termo composicional da estanite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MZ					MP					MP				
Nº análises por geração mineral	Stn II (n = 7)					Stn II (n = 8)					Stn veios (n = 3)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	29,618	29,667	0,180	29,309	29,813	29,738	29,783	0,340	28,946	30,061	29,737	29,685	0,212	29,556	29,971
Fe	12,404	12,456	0,211	12,019	12,650	12,356	12,271	0,963	11,438	13,359	11,544	11,315	0,406	11,305	12,013
Cu	28,428	28,415	0,287	27,886	28,838	28,697	28,519	0,828	27,973	29,600	28,976	28,920	0,215	28,794	29,213
Zn	2,390	2,569	0,530	1,594	3,075	2,257	2,328	0,936	1,287	3,155	2,253	2,117	0,262	2,088	2,555
Pb	0,019	0,001	0,031	0,000	0,075	0,033	0,039	0,018	0,012	0,047	0,049	0,071	0,042	0,000	0,075
As	0,004	0,000	0,006	0,000	0,014	0,007	0,002	0,011	0,000	0,020	0,003	0,000	0,005	0,000	0,008
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,005	0,000	0,007	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Sn	25,686	25,876	0,561	25,005	26,348	26,353	26,793	0,893	25,326	26,941	27,184	27,092	0,269	26,973	27,486
Co	0,006	0,003	0,009	0,000	0,025	0,016	0,004	0,025	0,000	0,045	0,015	0,010	0,011	0,008	0,028
Mn	0,006	0,007	0,007	0,000	0,018	0,013	0,000	0,022	0,000	0,038	0,017	0,014	0,018	0,000	0,036
Au	0,003	0,000	0,005	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,017	0,003	0,024	0,000	0,061	0,023	0,015	0,028	0,000	0,055	0,051	0,048	0,052	0,000	0,104
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,006	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,069	0,072	0,008	0,060	0,080	0,021	0,025	0,019	0,000	0,037	0,012	0,014	0,011	0,000	0,021
In	1,101	1,109	0,336	0,614	1,505	0,205	0,008	0,349	0,000	0,608	0,084	0,097	0,030	0,049	0,105
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,031	0,000	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,065	0,069	0,016	0,035	0,084	0,077	0,068	0,027	0,056	0,107	0,079	0,084	0,010	0,067	0,085
Ga	0,012	0,007	0,015	0,000	0,040	0,026	0,015	0,029	0,004	0,059	0,010	0,001	0,016	0,000	0,029
Te	0,444	0,460	0,041	0,365	0,484	0,407	0,399	0,032	0,380	0,443	0,422	0,418	0,043	0,382	0,467

Distribuição de iões na base de 8 iões

S	3,970	3,969	0,007	3,958	3,981	3,975	3,974	0,022	3,940	4,001	3,989	3,977	0,021	3,976	4,013
Fe	0,955	0,965	0,019	0,919	0,971	0,934	0,932	0,045	0,880	1,030	0,889	0,874	0,030	0,869	0,924
Cu	1,923	1,920	0,024	1,880	1,949	1,967	1,985	0,043	1,895	2,001	1,961	1,955	0,020	1,945	1,984
Zn	0,157	0,169	0,034	0,106	0,201	0,130	0,116	0,038	0,085	0,205	0,148	0,140	0,017	0,137	0,168
Pb	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sn	0,930	0,933	0,017	0,902	0,951	0,961	0,967	0,022	0,916	0,987	0,985	0,980	0,012	0,976	0,999
Co	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Mn	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,002	0,002	0,002	0,000	0,004
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,004	0,004	0,000	0,003	0,004	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
In	0,041	0,041	0,013	0,023	0,057	0,007	0,005	0,008	0,000	0,023	0,003	0,004	0,001	0,002	0,004
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,003	0,003	0,001	0,002	0,004	0,003	0,003	0,001	0,001	0,005	0,004	0,004	0,000	0,003	0,004
Ga	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000	0,004	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Te	0,015	0,015	0,001	0,012	0,016	0,015	0,015	0,002	0,013	0,017	0,014	0,014	0,001	0,013	0,016

Tabela XI.48 - Estatística descritiva das várias gerações, próximas do termo composicional ferrokesterite analisadas, por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME				
Nº análises por geração mineral	Fe-Kst II (n = 2)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	30,162	30,162	0,185	30,031	30,293
Fe	11,466	11,466	0,304	11,251	11,681
Cu	28,309	28,309	0,001	28,308	28,310
Zn	4,639	4,639	0,044	4,608	4,670
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	0,005	0,005	0,006	0,000	0,009
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,010	0,010	0,013	0,000	0,019
Sn	25,342	25,342	1,782	24,082	26,602
Co	0,002	0,002	0,003	0,000	0,004
Mn	0,008	0,008	0,011	0,000	0,016
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,027	0,027	0,038	0,000	0,054
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,008	0,008	0,011	0,000	0,015
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,134	0,134	0,005	0,130	0,137
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,035	0,035	0,045	0,003	0,067
Ga	0,020	0,020	0,006	0,015	0,024
Te	0,411	0,411	0,016	0,400	0,422

Distribuição de iões na base de 8 iões

S	3,999	3,999	0,031	3,978	4,021
Fe	0,873	0,873	0,024	0,856	0,890
Cu	1,894	1,894	0,003	1,892	1,896
Zn	0,302	0,302	0,002	0,300	0,303
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Sn	0,908	0,908	0,062	0,863	0,952
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,001	0,001	0,002	0,000	0,002
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Se	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,002	0,002	0,002	0,000	0,003
Ga	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Te	0,014	0,014	0,001	0,013	0,014

Tabela XI.47 - Estatística descritiva das várias gerações , próximas do termo composicional kesterite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MP				
Nº análises por geração mineral	Kst II (n = 7)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	29,612	29,602	0,051	29,542	29,681
Fe	3,163	2,633	1,241	2,450	5,916
Cu	29,021	29,059	0,127	28,822	29,141
Zn	11,492	11,809	0,987	9,271	12,096
Pb	0,032	0,018	0,040	0,000	0,108
As	0,003	0,000	0,007	0,000	0,018
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,013	0,003	0,017	0,000	0,041
Sn	26,586	26,640	0,166	26,414	26,824
Co	0,007	0,004	0,011	0,000	0,030
Mn	0,023	0,007	0,035	0,000	0,092
Au	0,011	0,000	0,020	0,000	0,050
Ag	0,003	0,000	0,005	0,000	0,013
Bi	0,007	0,000	0,018	0,000	0,048
Ge	0,003	0,000	0,008	0,000	0,020
Se	0,033	0,023	0,024	0,005	0,059
In	0,068	0,040	0,104	0,000	0,298
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,048	0,042	0,012	0,037	0,067
Ga	0,011	0,000	0,024	0,000	0,065
Te	0,470	0,486	0,058	0,374	0,546

Distribuição de iões na base de 8 iões

S	4,009	4,017	0,020	3,982	4,028
Fe	0,246	0,205	0,095	0,191	0,456
Cu	1,982	1,985	0,014	1,952	1,993
Zn	0,763	0,785	0,068	0,610	0,801
Pb	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003
Sn	0,972	0,975	0,008	0,958	0,980
Co	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Mn	0,002	0,001	0,003	0,000	0,007
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Bi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Se	0,002	0,001	0,001	0,000	0,003
In	0,003	0,002	0,004	0,000	0,011
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003
Ga	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004
Te	0,016	0,016	0,002	0,013	0,019

Tabela XI.49 - Estatística descritiva das várias gerações de tetraedrite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	ME					MZ					MP					MZP				
Nº análises por geração mineral	Ttr II (n = 3)					Ttr II (n = 3)					Ttr II (n = 5)					Ttr II (n = 2)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	24,775	24,680	0,182	24,660	24,984	24,974	24,932	0,266	24,732	25,258	24,920	24,961	0,185	24,734	25,169	24,771	24,771	0,310	24,551	24,990
Fe	3,935	4,255	0,585	3,260	4,291	4,096	3,959	1,413	2,756	5,573	3,435	3,576	0,702	2,553	4,278	3,619	3,619	0,218	3,465	3,773
Cu	34,083	33,647	0,958	33,420	35,181	35,218	35,379	0,330	34,839	35,437	34,464	34,410	0,590	33,830	35,321	33,393	33,393	1,038	32,659	34,127
Zn	4,148	3,390	1,384	3,309	5,745	3,898	3,283	1,245	3,080	5,331	4,844	4,722	0,432	4,384	5,522	4,627	4,627	0,699	4,132	5,121
Pb	0,040	0,041	0,040	0,000	0,079	0,032	0,009	0,048	0,000	0,088	0,053	0,050	0,048	0,000	0,116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,261	0,000	0,452	0,000	0,783	0,079	0,093	0,053	0,000	0,128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	28,363	28,378	0,070	28,287	28,424	28,039	28,708	1,325	26,512	28,896	27,678	27,761	0,392	27,200	28,161	28,115	28,115	0,010	28,108	28,122
Ni	0,009	0,008	0,005	0,005	0,015	0,007	0,002	0,010	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,031	0,004	0,028	0,034
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,002	0,003	0,002	0,000	0,004	0,010	0,000	0,017	0,000	0,030	0,007	0,006	0,005	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,002	0,001	0,003	0,000	0,005	0,006	0,000	0,011	0,000	0,019	0,018	0,016	0,017	0,000	0,043	0,013	0,013	0,015	0,002	0,023
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,020	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,019	0,027	0,000	0,038
Ag	4,348	5,109	1,348	2,792	5,144	3,748	3,514	0,758	3,135	4,595	4,056	3,947	0,557	3,427	4,705	6,320	6,320	1,455	5,291	7,349
Bi	0,017	0,000	0,029	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,002	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,004	0,000	0,006	0,000	0,014	0,006	0,006	0,008	0,000	0,012
Se	0,041	0,054	0,032	0,005	0,065	0,029	0,017	0,037	0,000	0,070	0,027	0,024	0,022	0,000	0,055	0,049	0,049	0,069	0,000	0,097
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,014	0,013	0,015	0,000	0,029	0,009	0,000	0,016	0,000	0,027	0,020	0,010	0,026	0,000	0,061	0,044	0,044	0,006	0,040	0,048
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,055	0,060	0,009	0,045	0,061	0,076	0,066	0,018	0,066	0,097	0,083	0,078	0,028	0,053	0,119	0,093	0,093	0,006	0,088	0,097
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Distribuição de iões na base de 29 iões																				
S	13,043	13,058	0,047	12,990	13,082	13,008	13,001	0,017	12,995	13,027	13,080	13,087	0,068	12,979	13,166	12,980	12,980	0,026	12,961	12,998
Fe	1,191	1,296	0,189	0,973	1,304	1,223	1,195	0,414	0,825	1,650	1,035	1,086	0,208	0,767	1,285	1,089	1,089	0,077	1,035	1,144
Cu	9,053	8,983	0,154	8,946	9,230	9,256	9,241	0,058	9,208	9,320	9,127	9,097	0,137	8,983	9,326	8,829	8,829	0,182	8,700	8,957
Zn	1,068	0,879	0,343	0,861	1,464	0,996	0,846	0,319	0,779	1,362	1,246	1,226	0,106	1,137	1,417	1,188	1,188	0,167	1,069	1,306
Pb	0,003	0,003	0,003	0,000	0,006	0,003	0,001	0,004	0,000	0,007	0,004	0,004	0,004	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,000	0,100	0,000	0,173	0,018	0,021	0,012	0,000	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	3,933	3,961	0,052	3,873	3,964	3,847	3,966	0,213	3,601	3,974	3,826	3,826	0,052	3,747	3,888	3,880	3,880	0,042	3,850	3,910
Ni	0,003	0,002	0,001	0,001	0,004	0,002	0,001	0,003	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,009	0,001	0,008	0,010
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,005	0,000	0,009	0,002	0,002	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,003	0,000	0,006	0,006	0,005	0,005	0,000	0,013	0,004	0,004	0,005	0,001	0,007
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,000	0,003
Ag	0,682	0,804	0,217	0,432	0,811	0,581	0,539	0,122	0,486	0,718	0,633	0,609	0,091	0,533	0,740	0,986	0,986	0,237	0,818	1,153
Bi	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,002	0,000	0,003
Se	0,009	0,011	0,007	0,001	0,014	0,006	0,004	0,008	0,000	0,015	0,006	0,005	0,005	0,000	0,012	0,010	0,010	0,015	0,000	0,021
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,002	0,002	0,002	0,000	0,004	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,003	0,001	0,004	0,000	0,009	0,007	0,007	0,001	0,006	0,007
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,010	0,011	0,002	0,008	0,011	0,013	0,012	0,003	0,011	0,017	0,014	0,014	0,005	0,009	0,021	0,016	0,016	0,001	0,016	0,017
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.50 - Estatística descritiva das várias gerações de tetraedrite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u. (continuação).

Tipo de Minério	MC					MCZ	MP					MC				
Nº análises por geração mineral	Ttr II (n = 5)					Ttr III (n = 1)	Ttr IV (n = 12)					Ttr IV (n = 9)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo		Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	25,121	25,069	0,252	24,864	25,400	24,463	24,724	24,694	0,138	24,560	24,929	24,898	24,874	0,071	24,806	24,990
Fe	3,803	3,862	0,340	3,322	4,174	4,943	3,890	4,026	0,905	2,250	4,963	2,332	1,894	1,041	1,145	3,788
Cu	36,809	36,759	0,339	36,396	37,155	32,684	33,478	33,253	0,914	31,973	35,371	36,515	36,814	0,595	35,845	37,202
Zn	3,966	3,956	0,264	3,731	4,399	2,235	3,109	2,752	1,200	1,768	5,028	5,125	5,597	1,202	3,714	6,430
Pb	0,012	0,011	0,013	0,000	0,029	0,000	0,025	0,000	0,038	0,000	0,116	0,016	0,000	0,037	0,000	0,114
As	0,787	0,218	1,007	0,000	2,171	0,000	0,061	0,000	0,175	0,000	0,604	0,158	0,179	0,159	0,000	0,365
Sb	26,697	27,931	1,890	24,031	28,189	28,618	27,947	27,880	0,522	26,695	28,717	27,864	27,968	0,404	27,280	28,330
Ni	0,017	0,012	0,017	0,000	0,041	0,040	0,006	0,000	0,014	0,000	0,048	0,007	0,004	0,007	0,000	0,020
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,019	0,027	0,018	0,000	0,039	0,000	0,006	0,002	0,011	0,000	0,039	0,003	0,000	0,007	0,000	0,021
Mn	0,017	0,018	0,016	0,000	0,033	0,000	0,006	0,000	0,015	0,000	0,051	0,012	0,003	0,015	0,000	0,036
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,006	0,000	0,016	0,000	0,055	0,001	0,000	0,004	0,000	0,012
Ag	2,759	2,908	0,545	2,072	3,260	7,777	6,243	6,721	1,266	4,001	8,222	2,157	1,761	0,748	1,339	3,192
Bi	0,488	0,483	0,055	0,419	0,573	0,000	0,012	0,000	0,027	0,000	0,079	0,468	0,498	0,134	0,253	0,650
Ge	0,005	0,000	0,007	0,000	0,013	0,003	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007	0,008	0,000	0,012	0,000	0,028
Se	0,170	0,084	0,151	0,022	0,342	0,562	0,008	0,000	0,012	0,000	0,027	0,200	0,277	0,119	0,052	0,328
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007
Cd	0,002	0,000	0,004	0,000	0,009	0,000	0,020	0,015	0,027	0,000	0,090	0,018	0,000	0,025	0,000	0,060
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,076	0,083	0,019	0,047	0,093	0,090	0,079	0,078	0,026	0,036	0,117	0,064	0,068	0,027	0,028	0,112
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,004	0,000	0,007	0,000	0,023	0,002	0,000	0,005	0,000	0,015
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Distribuição de iões na base de 29 iões

S	12,959	12,946	0,091	12,870	13,055	12,893	13,115	13,122	0,083	13,005	13,257	13,028	13,008	0,047	12,978	13,109
Fe	1,127	1,141	0,103	0,980	1,240	1,496	1,185	1,229	0,279	0,684	1,505	0,701	0,569	0,314	0,344	1,138
Cu	9,582	9,579	0,060	9,506	9,645	8,692	8,960	8,916	0,206	8,610	9,336	9,641	9,719	0,138	9,470	9,777
Zn	1,003	1,001	0,065	0,947	1,108	0,577	0,807	0,716	0,309	0,463	1,305	1,314	1,435	0,306	0,953	1,650
Pb	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000	0,009	0,001	0,000	0,003	0,000	0,009
As	0,173	0,048	0,222	0,000	0,478	0,000	0,014	0,000	0,040	0,000	0,137	0,035	0,040	0,035	0,000	0,082
Sb	3,628	3,802	0,267	3,256	3,842	3,972	3,904	3,914	0,069	3,717	3,985	3,840	3,853	0,060	3,756	3,905
Ni	0,005	0,003	0,005	0,000	0,012	0,012	0,002	0,000	0,004	0,000	0,014	0,002	0,001	0,002	0,000	0,006
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,005	0,008	0,005	0,000	0,011	0,000	0,002	0,001	0,003	0,000	0,011	0,001	0,000	0,002	0,000	0,006
Mn	0,005	0,005	0,005	0,000	0,010	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000	0,016	0,004	0,001	0,005	0,000	0,011
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ag	0,423	0,447	0,085	0,317	0,500	1,218	0,985	1,057	0,203	0,622	1,304	0,336	0,274	0,117	0,207	0,498
Bi	0,039	0,038	0,004	0,033	0,045	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,006	0,038	0,040	0,011	0,020	0,052
Ge	0,001	0,000	0,002	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,003	0,000	0,006
Se	0,035	0,018	0,032	0,005	0,071	0,120	0,002	0,000	0,003	0,000	0,006	0,042	0,059	0,025	0,011	0,070
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Cd	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,002	0,004	0,000	0,014	0,003	0,000	0,004	0,000	0,009
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,013	0,014	0,003	0,008	0,016	0,016	0,014	0,014	0,005	0,006	0,021	0,011	0,012	0,005	0,005	0,020
Ga	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,006	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.51 - Estatística descritiva das várias gerações de tenantite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MC					MCZ				
Nº análises por geração mineral	Tnt III (n = 32)					Tnt III (n = 33)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	28,703	28,694	0,161	28,338	28,967	28,745	28,767	0,130	28,421	29,030
Fe	4,966	4,821	0,352	4,590	6,141	4,780	4,743	0,151	4,575	5,261
Cu	43,151	43,154	0,302	42,527	43,773	43,808	43,903	0,278	43,039	44,248
Zn	3,593	3,523	0,268	2,824	4,198	3,760	3,706	0,238	3,467	4,747
Pb	0,020	0,000	0,033	0,000	0,112	0,030	0,015	0,039	0,000	0,151
As	19,802	19,838	0,191	18,936	19,993	19,630	19,643	0,132	19,402	19,919
Sb	0,200	0,182	0,143	0,015	0,886	0,130	0,124	0,064	0,000	0,378
Ni	0,010	0,002	0,014	0,000	0,048	0,012	0,004	0,015	0,000	0,051
Sn	0,005	0,000	0,011	0,000	0,050	0,009	0,000	0,012	0,000	0,041
Co	0,007	0,000	0,010	0,000	0,042	0,007	0,004	0,009	0,000	0,029
Mn	0,013	0,004	0,016	0,000	0,061	0,010	0,005	0,012	0,000	0,046
Au	0,008	0,000	0,015	0,000	0,061	0,006	0,000	0,013	0,000	0,054
Ag	0,028	0,014	0,059	0,000	0,331	0,021	0,015	0,023	0,000	0,093
Bi	0,025	0,000	0,115	0,000	0,652	0,003	0,000	0,010	0,000	0,044
Ge	0,001	0,000	0,005	0,000	0,020	0,001	0,000	0,004	0,000	0,024
Se	0,003	0,000	0,015	0,000	0,087	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,014	0,004	0,021	0,000	0,057	0,015	0,011	0,018	0,000	0,068
Cd	0,010	0,001	0,013	0,000	0,046	0,009	0,000	0,017	0,000	0,063
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,048	0,050	0,024	0,000	0,092	0,043	0,040	0,024	0,000	0,120
Ga	0,005	0,000	0,011	0,000	0,042	0,003	0,000	0,008	0,000	0,035
Te	0,008	0,000	0,014	0,000	0,058	0,004	0,000	0,010	0,000	0,051

Distribuição de iões na base de 29 iões

S	13,072	13,079	0,043	12,955	13,172	13,040	13,041	0,029	12,962	13,104
Fe	1,298	1,266	0,091	1,193	1,609	1,245	1,234	0,039	1,195	1,372
Cu	9,916	9,920	0,058	9,788	10,005	10,028	10,038	0,057	9,887	10,109
Zn	0,802	0,790	0,060	0,632	0,943	0,836	0,826	0,053	0,771	1,058
Pb	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008	0,002	0,001	0,003	0,000	0,011
As	3,860	3,860	0,038	3,698	3,912	3,811	3,810	0,023	3,778	3,881
Sb	0,024	0,022	0,017	0,002	0,106	0,016	0,015	0,008	0,000	0,045
Ni	0,002	0,000	0,003	0,000	0,012	0,003	0,001	0,004	0,000	0,013
Sn	0,001	0,000	0,001	0,000	0,006	0,001	0,000	0,001	0,000	0,005
Co	0,002	0,000	0,003	0,000	0,010	0,002	0,001	0,002	0,000	0,007
Mn	0,003	0,001	0,004	0,000	0,016	0,003	0,001	0,003	0,000	0,012
Au	0,001	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004
Ag	0,004	0,002	0,008	0,000	0,045	0,003	0,002	0,003	0,000	0,013
Bi	0,002	0,000	0,008	0,000	0,046	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003
Ge	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005
Se	0,001	0,000	0,003	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,002	0,001	0,003	0,000	0,007	0,002	0,001	0,002	0,000	0,009
Cd	0,001	0,000	0,002	0,000	0,006	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,007	0,008	0,004	0,000	0,014	0,007	0,006	0,004	0,000	0,018
Ga	0,001	0,000	0,002	0,000	0,009	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007
Te	0,001	0,000	0,002	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,006

Tabela XI.52 - Estatística descritiva das várias gerações de tetraedrite-tenantite analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MP	MC					MCZ					MP				
Nº análises por geração mineral	Ttr-Tnt II (n = 1)	Ttr-Tnt II (n = 4)					Ttr-Tnt III (n = 39)					Ttr-Tnt IV (n = 2)				
		Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	26,499	26,024	26,020	0,183	25,804	26,252	25,970	25,978	0,229	25,564	26,354	26,277	26,277	0,192	26,141	26,412
Fe	4,513	3,569	3,401	0,850	2,818	4,654	3,551	3,639	0,357	2,884	4,424	4,523	4,523	0,709	4,022	5,024
Cu	37,715	38,113	38,138	0,298	37,728	38,450	39,504	39,426	0,379	38,797	40,163	37,666	37,666	0,821	37,085	38,246
Zn	3,959	4,620	4,693	0,709	3,804	5,291	4,335	4,415	0,405	3,621	5,574	2,750	2,750	0,988	2,051	3,448
Pb	0,059	0,017	0,015	0,016	0,000	0,037	0,017	0,000	0,032	0,000	0,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	6,460	7,017	7,120	0,894	5,833	7,995	4,421	4,500	0,919	2,637	5,570	5,908	5,908	0,539	5,527	6,289
Sb	19,169	17,670	17,355	1,354	16,395	19,575	21,784	21,588	1,404	20,101	24,316	19,169	19,169	1,041	18,433	19,905
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,016	0,000	0,052	0,015	0,015	0,001	0,014	0,015
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,023	0,090	0,007	0,172	0,000	0,348	0,010	0,000	0,019	0,000	0,107	0,014	0,014	0,008	0,008	0,019
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,016	0,000	0,059	0,009	0,009	0,013	0,000	0,018
Au	0,000	0,005	0,002	0,007	0,000	0,015	0,005	0,000	0,011	0,000	0,044	0,015	0,015	0,021	0,000	0,030
Ag	2,150	1,381	1,345	0,370	0,977	1,858	0,135	0,160	0,070	0,000	0,264	2,708	2,708	0,805	2,139	3,277
Bi	0,000	0,736	0,664	0,245	0,542	1,074	0,787	0,697	0,222	0,439	1,234	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,006	0,006	0,007	0,000	0,013	0,004	0,000	0,011	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,000	0,265	0,260	0,019	0,248	0,293	0,273	0,272	0,038	0,197	0,372	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,018	0,000	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,003	0,006	0,000	0,014	0,000	0,059	0,009	0,009	0,012	0,000	0,017
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,053	0,061	0,057	0,019	0,043	0,086	0,065	0,060	0,020	0,024	0,106	0,065	0,065	0,008	0,059	0,071
Ga	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,008	0,009	0,000	0,016	0,000	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Distribuição de iões na base de 29 iões																
S	13,124	13,027	13,045	0,066	12,934	13,085	12,981	12,976	0,037	12,901	13,049	13,217	13,217	0,008	13,211	13,222
Fe	1,283	1,025	0,984	0,241	0,806	1,328	1,018	1,038	0,095	0,840	1,255	1,307	1,307	0,213	1,156	1,458
Cu	9,426	9,627	9,627	0,023	9,601	9,653	9,964	9,986	0,068	9,743	10,071	9,559	9,559	0,144	9,457	9,661
Zn	0,961	1,134	1,158	0,174	0,927	1,293	1,063	1,085	0,102	0,881	1,349	0,677	0,677	0,239	0,508	0,846
Pb	0,005	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,001	0,000	0,002	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As	1,369	1,503	1,522	0,184	1,261	1,705	0,944	0,960	0,190	0,575	1,180	1,271	1,271	0,107	1,195	1,347
Sb	2,500	2,330	2,283	0,194	2,152	2,603	2,869	2,833	0,209	2,615	3,240	2,540	2,540	0,155	2,430	2,649
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,004	0,000	0,014	0,004	0,004	0,000	0,004	0,004
Sn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,006	0,024	0,002	0,047	0,000	0,094	0,003	0,000	0,005	0,000	0,029	0,004	0,004	0,002	0,002	0,005
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000	0,017	0,003	0,003	0,004	0,000	0,005
Au	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,001	0,002	0,000	0,002
Ag	0,317	0,205	0,201	0,054	0,145	0,274	0,020	0,024	0,011	0,000	0,039	0,405	0,405	0,123	0,318	0,492
Bi	0,000	0,056	0,051	0,018	0,042	0,082	0,060	0,054	0,017	0,034	0,094	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ge	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,003	0,001	0,000	0,003	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	0,000	0,054	0,052	0,004	0,051	0,060	0,055	0,055	0,008	0,041	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
In	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008	0,001	0,001	0,002	0,000	0,002
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,009	0,010	0,010	0,003	0,007	0,014	0,011	0,010	0,003	0,004	0,018	0,011	0,011	0,001	0,010	0,012
Ga	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,004	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Te	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.53 - Estatística descritiva das várias gerações de cobaltite ferrífera analisadas por tipologia de minério, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MCZ
Nº análises por geração mineral	Fe-Cbt (n = 1)
S	21,923
Fe	4,266
Cu	0,143
Zn	0,000
Pb	0,000
As	40,472
Sb	0,000
Ni	0,084
Sn	0,011
Co	32,503
Mn	0,012
Au	0,000
Ag	0,015
Bi	0,000
Ge	0,000
Se	0,000
In	0,000
Cd	0,034
W	0,000
Mo	0,003
Ga	0,000
Te	0,000

Distribuição de iões na base de 3 iões

S	1,105
Fe	0,123
Cu	0,004
Zn	0,000
Pb	0,000
As	0,873
Sb	0,000
Ni	0,002
Sn	0,000
Co	0,891
Mn	0,000
Au	0,000
Ag	0,000
Bi	0,000
Ge	0,000
Se	0,000
In	0,000
Cd	0,000
W	0,000
Mo	0,000
Ga	0,000
Te	0,000

Tabela XI.54 - Estatística descritiva dos selenetos de Bi-Pb analisadas no minério do tipo MC, em wt%.

Tipo de Minério	MC				
Nº análises por geração mineral	Selenetos Bi-Pb (n = 3)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
S	3,090	3,104	0,363	2,721	3,446
Fe	1,149	1,328	0,605	0,475	1,644
Cu	0,259	0,265	0,108	0,149	0,364
Zn	0,038	0,018	0,052	0,000	0,097
Pb	25,301	24,875	1,063	24,517	26,510
As	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sb	0,049	0,064	0,031	0,013	0,069
Ni	0,007	0,000	0,012	0,000	0,021
Sn	0,018	0,020	0,017	0,000	0,033
Co	0,025	0,001	0,042	0,000	0,073
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,321	0,071	0,436	0,067	0,825
Bi	47,419	47,464	3,018	44,378	50,414
Ge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Se	15,164	15,219	0,548	14,591	15,682
In	0,005	0,000	0,008	0,000	0,014
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
W	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ga	0,014	0,003	0,022	0,000	0,040
Te	0,010	0,000	0,017	0,000	0,029

Tabela XI.55 - Estatística descritiva das várias gerações de cassiterite analisadas por tipologia de minério, em wt% (resultado semi-quantitativo, ver Cassiterite).

Tipo de Minério	ME					MZ					MZP
Nº análises por geração mineral	Cst (n = 5)					Cst (n = 3)					Cst (n=1)
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	
P2O5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na2O	0,021	0,000	0,038	0,000	0,087	0,012	0,000	0,021	0,000	0,037	0,022
SO3	0,328	0,140	0,360	0,078	0,944	0,658	0,169	0,954	0,048	1,757	0,911
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bi2O3	0,017	0,000	0,024	0,000	0,052	0,019	0,016	0,018	0,003	0,038	0,098
MgO	0,010	0,010	0,007	0,000	0,016	0,028	0,030	0,006	0,021	0,032	0,016
PbO	0,004	0,000	0,009	0,000	0,021	0,016	0,000	0,028	0,000	0,048	0,054
V2O3	0,010	0,000	0,014	0,000	0,029	0,026	0,035	0,023	0,000	0,042	0,072
Ag2O	0,007	0,000	0,013	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
As2O5	0,009	0,000	0,019	0,000	0,044	0,020	0,024	0,013	0,006	0,031	0,000
K2O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr2O3	0,015	0,007	0,019	0,000	0,043	0,024	0,014	0,017	0,014	0,043	0,000
CaO	0,041	0,046	0,027	0,003	0,075	0,052	0,066	0,037	0,010	0,079	0,010
Al2O3	0,039	0,033	0,035	0,004	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SnO2	98,756	99,024	0,581	97,993	99,309	98,119	99,284	2,819	94,904	100,169	99,378
FeO	0,321	0,178	0,232	0,135	0,612	0,492	0,404	0,378	0,166	0,906	0,438
ZnO	3,467	3,617	0,476	2,665	3,930	2,745	2,425	0,708	2,253	3,556	4,057
SiO2	0,070	0,056	0,045	0,037	0,147	0,045	0,044	0,006	0,040	0,052	0,074
TiO2	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,003	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000
NiO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,003	0,005
Ta2O5	0,094	0,000	0,142	0,000	0,320	0,021	0,023	0,020	0,000	0,040	0,000
ZrO2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MnO	0,010	0,000	0,016	0,000	0,038	0,018	0,022	0,015	0,001	0,030	0,000
CuO	0,028	0,010	0,033	0,000	0,078	0,025	0,000	0,043	0,000	0,075	0,141
CoO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,013	0,000	0,023	0,000
Nb2O5	0,017	0,000	0,038	0,000	0,084	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WO3	0,120	0,007	0,202	0,000	0,469	0,032	0,000	0,055	0,000	0,096	0,000
Au2O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000

Tabela XI.56 - Estatística descritiva das várias clorites analisadas no minério do tipo MP, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MP					MP				
Nº análises por geração mineral	Chl (n = 6)					Chl veio (n = 9)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
SiO ₂	24,718	24,751	0,274	24,308	25,056	24,278	24,245	0,217	24,019	24,706
Al ₂ O ₃	21,724	21,619	0,777	20,511	22,629	21,242	21,235	0,211	20,994	21,629
FeO	35,886	35,601	0,529	35,501	36,821	35,675	35,617	0,146	35,490	35,955
MnO	0,109	0,109	0,029	0,070	0,149	0,113	0,117	0,034	0,050	0,148
MgO	7,451	7,450	0,296	6,986	7,777	7,671	7,636	0,105	7,538	7,847
CaO	0,026	0,027	0,009	0,011	0,039	0,010	0,007	0,008	0,000	0,025
Na ₂ O	0,007	0,001	0,013	0,000	0,033	0,010	0,005	0,011	0,000	0,033
K ₂ O	0,011	0,009	0,011	0,003	0,032	0,005	0,004	0,005	0,000	0,013
BaO	0,012	0,010	0,014	0,000	0,031	0,018	0,007	0,022	0,000	0,051
NiO	0,003	0,000	0,008	0,000	0,019	0,006	0,000	0,009	0,000	0,025
TiO ₂	0,020	0,016	0,018	0,000	0,050	0,024	0,027	0,008	0,011	0,037
Cr ₂ O ₃	0,236	0,229	0,037	0,197	0,296	0,537	0,509	0,168	0,355	0,827
Cs ₂ O	0,002	0,000	0,005	0,000	0,012	0,006	0,000	0,010	0,000	0,026
Rb ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Distribuição de íons na base de 28 oxigénios										
Si	5,348	5,364	0,067	5,247	5,428	5,303	5,294	0,035	5,263	5,375
Al(T)	4,154	4,134	0,128	3,958	4,296	4,101	4,108	0,036	4,037	4,157
Fe	3,247	3,223	0,058	3,211	3,362	3,259	3,261	0,017	3,229	3,279
Mn	0,010	0,010	0,003	0,006	0,014	0,010	0,011	0,003	0,005	0,014
Mg	1,202	1,201	0,052	1,118	1,261	1,249	1,245	0,017	1,226	1,279
Ca	0,003	0,003	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003
Na	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,004
K	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Ba	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Ni	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
Ti	0,003	0,003	0,003	0,000	0,008	0,004	0,004	0,001	0,002	0,006
Cr	0,030	0,029	0,005	0,025	0,038	0,070	0,066	0,022	0,046	0,107
Cs	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Rb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.57 - Estatística descritiva das várias micas potássicas dioctaédricas analisadas no minério do tipo MP, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MP	MP				
Nº análises por geração mineral	Ser_veio (n = 1)	Ser (n = 11)				
		Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
SiO ₂	48,534	48,015	47,988	1,376	45,481	50,284
Al ₂ O ₃	33,628	32,772	32,204	1,797	31,177	37,743
FeO	1,378	0,761	0,649	0,413	0,254	1,355
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	0,973	0,909	0,695	0,453	0,367	1,559
CaO	0,086	0,162	0,174	0,042	0,067	0,203
Na ₂ O	0,603	0,152	0,181	0,084	0,027	0,274
K ₂ O	6,558	8,007	8,243	1,093	5,077	9,359
BaO	0,052	0,147	0,134	0,122	0,000	0,350
NiO	0,000	0,015	0,000	0,022	0,000	0,056
TiO ₂	0,000	0,013	0,002	0,017	0,000	0,052
Cr ₂ O ₃	0,709	1,501	1,494	0,811	0,606	2,739
Cs ₂ O	0,014	0,008	0,000	0,011	0,000	0,033
Rb ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Distribuição de iões na base de 22 oxigénios

Si	6,477	6,470	6,483	0,145	6,073	6,636
Al (T)	5,289	3,903	3,871	0,198	3,683	4,455
Fe	0,154	0,043	0,036	0,023	0,015	0,076
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,194	0,091	0,070	0,044	0,038	0,153
Ca	0,012	0,012	0,012	0,003	0,005	0,015
Na	0,156	0,010	0,012	0,006	0,002	0,018
K	1,117	0,344	0,349	0,047	0,216	0,394
Ba	0,003	0,004	0,004	0,003	0,000	0,010
Ni	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003
Ti	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005
Cr	0,075	0,121	0,118	0,067	0,047	0,226
Cs	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela XI.58 - Estatística descritiva das várias siderites-sideroplesites analisadas no minério do tipo MP, em wt% e em a.p.f.u..

Tipo de Minério	MP					MP				
Amostra	Z43					Z45				
Nº análises por geração mineral	Sd (n = 15)					Sd (n = 8)				
	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
CaO	0,378	0,368	0,297	0,024	1,226	0,325	0,285	0,131	0,170	0,547
La ₂ O ₃	0,016	0,001	0,022	0,000	0,063	0,011	0,008	0,012	0,000	0,031
SrO	0,004	0,000	0,010	0,000	0,032	0,006	0,000	0,011	0,000	0,028
BaO	0,007	0,000	0,017	0,000	0,055	0,002	0,000	0,006	0,000	0,017
Na ₂ O	0,003	0,000	0,007	0,000	0,024	0,015	0,012	0,013	0,000	0,042
Ce ₂ O ₃	0,021	0,012	0,022	0,000	0,067	0,011	0,000	0,019	0,000	0,056
FeO	49,433	49,044	1,637	46,837	52,276	49,677	49,632	1,224	48,305	51,540
TiO ₂	0,034	0,000	0,111	0,000	0,433	0,016	0,010	0,019	0,000	0,046
MgO	7,158	6,926	0,941	5,564	8,523	8,032	8,105	1,161	6,627	9,407
MnO	2,393	2,171	1,114	0,949	4,615	0,639	0,663	0,275	0,203	1,027
ZnO	0,027	0,031	0,021	0,000	0,060	0,021	0,005	0,027	0,000	0,058
CO ₂	42,478	42,532	2,183	39,299	47,046	42,435	42,534	1,766	39,888	44,673

Distribuição de íons na base de 2 catiões

Ca	0,007	0,007	0,006	0,000	0,023	0,006	0,006	0,002	0,003	0,011
La	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
Ce	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe	0,736	0,741	0,035	0,676	0,778	0,740	0,748	0,030	0,703	0,791
Ti	0,000	0,000	0,002	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mg	0,190	0,186	0,023	0,148	0,229	0,213	0,215	0,029	0,174	0,246
Mn	0,036	0,033	0,017	0,014	0,069	0,010	0,010	0,004	0,003	0,016
Zn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
C	1,030	1,035	0,028	0,981	1,082	1,030	1,034	0,024	0,989	1,059

Anexo 12 - Estatística descritiva para o minério maciço e para as diferentes tipologias de minério maciço do Zambujal

Tabela XI.59 - Estatística descritiva para as diferentes tipologias de minério maciço do Zambujal utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos (Somincor-Lundin Mining 2018).

		%					ppm								
		S	Fe	Cu	Zn	Pb	Sn	As	Sb	Au	Ag	Hg	Bi	Se	In
MASS (n = 441819)	Média	44,87	40,41	1,36	2,38	0,56	486	4959	459	0	37	106	63	275	57
	Mediana	45,61	41,00	0,38	1,07	0,34	337	4245	274	0	34	67	34	160	56
	Desvio-padrão	4,07	3,60	2,91	2,50	0,63	317	4017	1046	0	22	86	97	302	24
	Mínimo	16,32	2,33	0,04	0,04	0,03	75	245	29	0	2	3	16	5	27
	Máximo	54,56	49,84	32,00	21,00	5,99	4113	66916	31506	2	605	990	2794	3964	736
ME (n = 172060)	Média	46,01	41,87	0,34	0,51	0,24	451	4260	236	0	27	57	39	220	52
	Mediana	46,79	42,60	0,35	0,44	0,22	303	3718	178	0	24	58	30	132	53
	Desvio-padrão	3,90	3,25	0,09	0,35	0,13	303	2886	167	0	14	12	20	227	11
	Mínimo	16,32	14,62	0,04	0,04	0,05	75	333	73	0	3	12	17	17	32
	Máximo	54,56	49,84	0,62	1,79	0,78	2410	35796	1295	1	125	129	222	1833	68
MZ (n = 77023)	Média	45,39	40,54	0,32	4,23	0,47	569	4718	292	0	34	148	33	151	52
	Mediana	45,67	40,87	0,32	3,98	0,47	473	4360	290	0	33	146	27	59	53
	Desvio-padrão	2,70	2,03	0,09	1,16	0,13	311	2611	147	0	14	34	13	188	11
	Mínimo	31,21	28,83	0,09	2,25	0,07	200	279	60	0	5	49	18	8	32
	Máximo	52,17	45,76	0,61	10,33	0,91	2282	25978	1180	1	162	366	194	1369	69
MP (n = 16501)	Média	46,46	41,87	0,38	0,73	1,86	672	5340	395	0	57	68	57	382	50
	Mediana	46,67	42,16	0,38	0,71	1,73	526	4935	365	0	53	67	50	211	48
	Desvio-padrão	3,05	1,98	0,13	0,39	0,54	426	2139	164	0	17	7	29	492	10
	Mínimo	30,81	30,48	0,08	0,08	1,07	229	1060	83	0	24	3	24	17	33
	Máximo	54,36	48,26	0,67	1,75	5,91	2967	15359	1135	0	201	89	202	3964	67
MC (n = 77023)	Média	43,16	40,26	3,01	0,87	0,41	371	4232	430	0	39	49	104	391	62
	Mediana	43,67	40,61	2,21	0,77	0,25	300	3288	255	0	35	49	74	348	61
	Desvio-padrão	4,10	2,99	2,44	0,61	0,44	225	3511	793	0	24	17	85	263	22
	Mínimo	19,50	25,83	0,37	0,04	0,03	200	333	43	0	2	4	21	21	27
	Máximo	53,11	49,11	32,00	5,76	5,99	4113	47872	31506	1	605	234	1243	2264	555
MZP (n = 38170)	Média	44,85	38,53	0,30	6,07	2,05	653	5251	408	0	56	190	36	219	52
	Mediana	44,98	38,91	0,28	5,96	1,97	499	4675	416	0	53	188	27	49	53
	Desvio-padrão	2,71	2,20	0,12	1,65	0,50	399	2531	138	0	17	54	17	385	11
	Mínimo	28,11	27,77	0,09	2,57	1,05	239	424	81	0	10	3	18	5	32
	Máximo	51,69	44,49	1,18	12,73	5,26	2580	24534	934	2	130	402	148	3403	68
MCZ (n = 27689)	Média	39,29	33,54	9,24	6,89	0,54	346	10124	2661	0	61	298	255	668	102
	Mediana	39,42	33,97	8,59	6,21	0,35	300	5871	1414	0	50	245	179	708	79
	Desvio-padrão	4,46	4,68	5,97	2,61	0,51	158	9917	3185	0	43	170	278	344	62
	Mínimo	24,82	2,33	0,42	2,86	0,03	199	245	29	0	6	64	26	17	33
	Máximo	49,78	44,82	30,20	21,00	4,13	2103	66916	27371	0	378	990	2794	3645	736

Anexo 13 - Distribuição espacial, em planta, das várias tipologias de minério maciço da massa do Zambujal

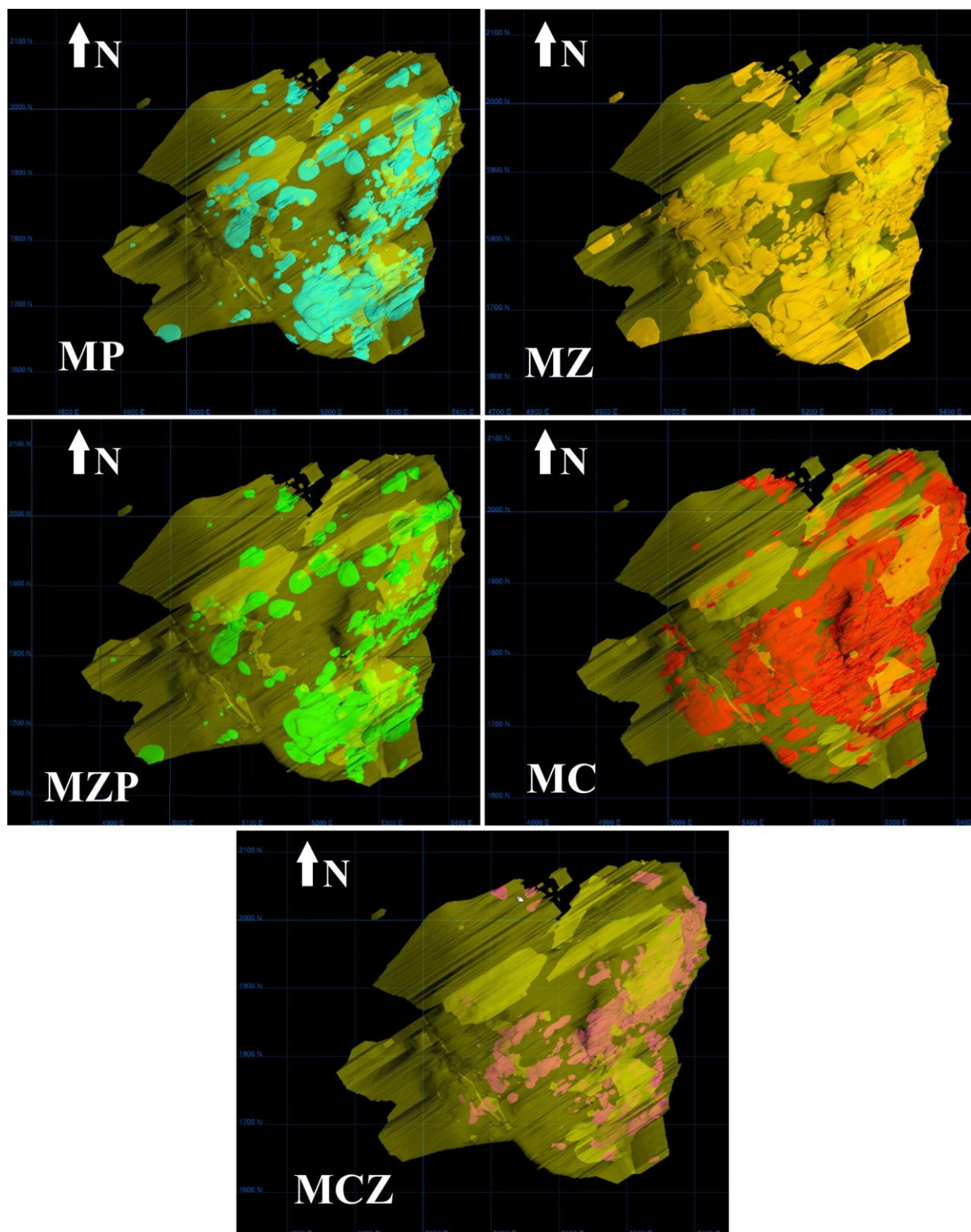


Figura XI.17 - Distribuição espacial, em planta, das várias tipologias de minério maciço da massa do Zambujal (Somincor-Lundin Mining 2018).

Anexo 14 - Distribuição espacial das várias tipologias de minério fissural da massa do Zambujal.

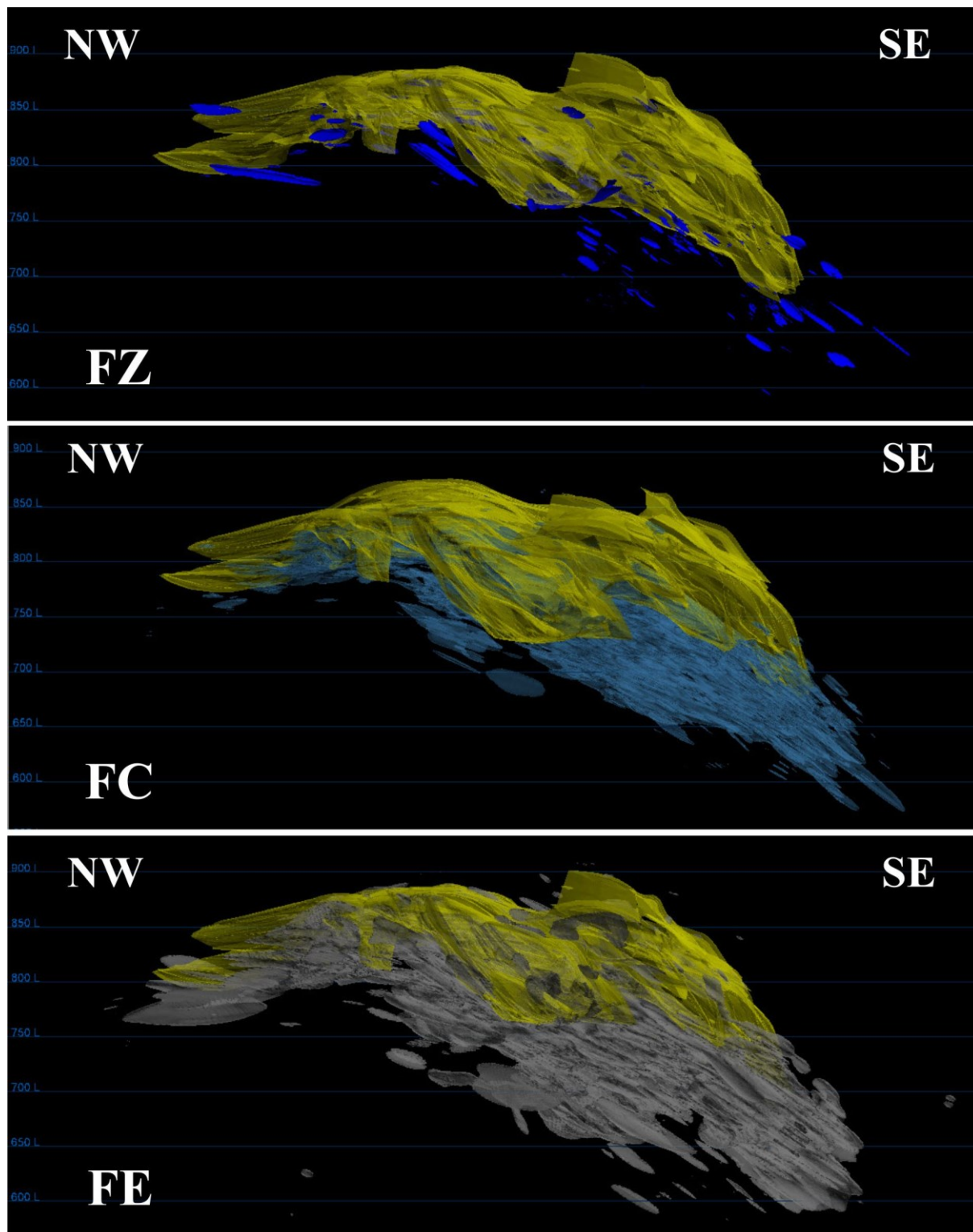


Figura XI.18 - Distribuição espacial das várias tipologias de minério fissural (FZ, FC e FE) da massa do Zambujal (dados da Somincor/Lundin Mining 2018)

Anexo 15 – Matrizes de correlação para os elementos maiores e menores para o minério maciço total (Mass) e para as diferentes tipologias de minério maciço do Zambujal

Tabela XI.60 - Matrizes de correlação para o minério maciço total (Mass) e para os minérios do tipo MCZ, MZP e MC, da massa do Zambujal (n>22315), utilizando a base de dados de rocha total da amostragem de fundo e sondagens (Somincor-Lundin Mining 2018).

Mass	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,14	1												
Cu	0,20	0,56	1											
Fe	-0,17	-0,45	-0,68	1										
Hg	0,23	0,54	0,52	-0,63	1									
Pb	0,24	0,04	-0,10	-0,12	0,16	1								
Sb	0,50	0,17	0,42	-0,35	0,37	0,02	1							
Sn	0,12	0,10	-0,11	0,01	0,14	0,20	-0,01	1						
S	-0,06	-0,33	-0,57	0,79	-0,30	-0,02	-0,24	0,05	1					
Zn	0,15	0,42	0,46	-0,67	0,82	0,31	0,26	0,12	-0,39	1				
Bi	0,11	0,25	0,52	-0,31	0,27	-0,03	0,17	-0,05	-0,28	0,21	1			
Au	0,57	0,13	-0,16	0,01	0,40	0,38	0,25	0,01	0,18	0,30	-0,11	1		
Se	0,04	0,19	0,47	-0,33	0,21	-0,06	0,17	-0,17	-0,20	0,18	0,36	-0,18	1	
In	0,27	0,28	0,48	-0,39	0,23	-0,03	0,70	-0,03	-0,22	0,27	0,27	-0,12	0,27	1

MCZ	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,03	1												
Cu	0,12	0,65	1											
Fe	-0,14	-0,70	-0,78	1										
Hg	0,10	0,77	0,70	-0,87	1									
Pb	0,18	-0,09	-0,27	0,16	-0,19	1								
Sb	0,49	0,02	0,23	-0,30	0,33	0,03	1							
Sn	0,11	-0,01	-0,11	0,05	-0,09	0,20	0,03	1						
S	0,03	-0,60	-0,74	0,78	-0,62	0,21	-0,17	0,09	1					
Zn	0,09	0,50	0,43	-0,77	0,91	-0,10	0,16	-0,03	-0,48	1				
Bi	0,05	0,15	0,37	-0,20	0,23	-0,08	0,02	-0,03	-0,26	0,11	1			
Au	0,42	0,03	-0,39	0,07	0,79	0,66	0,46	0,63	0,11	-0,14	-0,22	1		
Se	0,04	0,29	0,50	-0,43	0,54	-0,12	0,06	-0,04	-0,38	0,37	0,48	-0,63	1	
In	0,37	0,19	0,34	-0,39	0,45	-0,02	0,70	0,01	-0,20	0,21	0,15	-0,26	0,17	1

MZP	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,21	1												
Cu	-0,01	-0,01	1											
Fe	-0,14	-0,07	-0,08	1										
Hg	0,35	0,04	-0,02	-0,46	1									
Pb	0,42	0,16	-0,06	-0,44	0,35	1								
Sb	0,69	0,29	-0,14	0,09	0,34	0,18	1							
Sn	0,18	0,19	0,14	-0,19	0,23	0,27	0,12	1						
S	0,01	-0,19	-0,03	0,70	-0,12	-0,25	0,15	-0,11	1					
Zn	0,16	0,04	0,05	-0,55	0,60	0,48	0,01	0,27	-0,19	1				
Bi	0,14	0,00	0,29	0,02	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05	0,00	-0,09	1			
Au	0,57	0,36	-0,27	-0,05	0,29	0,44	0,38	-0,22	0,10	0,37	-0,07	1		
Se	-0,18	-0,07	-0,01	-0,07	0,02	0,02	-0,31	-0,08	-0,05	-0,01	-0,02	0,11	1	
In	0,11	0,01	0,05	-0,01	-0,10	-0,06	-0,09	-0,06	0,05	0,11	0,07	0,00	0,00	1

MC	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,20	1												
Cu	0,28	0,27	1											
Fe	-0,11	0,05	-0,38	1										
Hg	0,40	0,08	0,46	-0,27	1									
Pb	0,26	0,17	0,08	-0,01	0,16	1								
Sb	0,67	0,17	0,36	-0,20	0,65	0,12	1							
Sn	0,06	0,30	-0,06	0,10	-0,01	0,14	0,01	1						
S	-0,04	0,02	-0,29	0,74	-0,22	0,03	-0,10	-0,02	1					
Zn	-0,01	-0,07	0,13	-0,28	0,61	-0,03	0,05	-0,07	-0,17	1				
Bi	0,14	0,18	0,45	-0,11	0,26	0,12	0,14	0,01	-0,09	0,00	1			
Au	0,40	0,21	-0,11	0,12	0,22	0,11	0,17	0,01	0,18	-0,21	0,02	1		
Se	0,13	0,04	0,35	-0,15	0,18	0,01	0,13	-0,12	0,07	0,13	0,28	0,45	1	
In	0,26	0,26	0,45	-0,25	0,29	0,06	0,62	0,00	-0,08	0,04	0,22	0,00	0,26	1

Tabela XI.61 - Matrizes de correlação para o minério maciço total (Mass) e para os minérios do tipo ME, MP e MZ, da massa do Zambujal (n>22315), utilizando a base de dados de rocha total da amostragem de fundo e sondagens (Somincor-Lundin Mining 2018).

ME	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,39	1												
Cu	-0,23	-0,02	1											
Fe	0,18	0,07	0,00	1										
Hg	0,44	0,28	-0,27	0,19	1									
Pb	0,28	0,18	-0,03	-0,01	0,14	1								
Sb	0,78	0,46	-0,07	0,03	0,47	0,21	1							
Sn	0,53	0,29	0,04	0,02	0,13	0,13	0,45	1						
S	0,22	0,05	-0,09	0,72	0,17	0,01	0,06	0,03	1					
Zn	-0,04	-0,04	0,07	-0,12	0,41	0,21	-0,01	-0,06	-0,15	1				
Bi	-0,01	0,11	0,24	0,01	-0,13	0,09	0,06	0,05	0,02	-0,06	1			
Au	0,26	0,18	-0,15	-0,27	-0,31	0,12	0,48	-0,04	0,00	-0,02	0,10	1		
Se	-0,42	-0,12	-0,14	-0,01	-0,17	0,24	-0,24	-0,16	0,20	-0,13	0,02	-0,17	1	
In	0,18	0,14	-0,15	-0,05	0,00	-0,08	-0,02	0,02	0,24	-0,03	-0,05	0,28	0,30	1

MP	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,31	1												
Cu	0,17	0,12	1											
Fe	0,06	0,20	0,12	1										
Hg	0,18	0,25	0,08	-0,08	1									
Pb	0,24	0,05	0,05	-0,11	-0,10	1								
Sb	0,91	0,54	-0,03	0,08	0,20	0,28	1							
Sn	0,86	0,29	0,06	0,05	0,29	0,10	0,59	1						
S	0,16	0,09	0,16	0,54	0,22	-0,09	0,02	0,02	1					
Zn	-0,17	-0,17	-0,06	-0,25	0,37	-0,06	-0,10	-0,13	-0,09	1				
Bi	-0,03	0,07	0,43	0,12	-0,09	0,02	-0,15	-0,13	0,05	-0,09	1			
Au	0,26	0,53	0,04	-0,15	0,00	0,57	0,00	0,00	-0,26	-0,62	0,00	1		
Se	-0,32	-0,31	-0,19	0,04	-0,33	-0,15	-0,42	-0,23	0,19	-0,11	-0,15	0,00	1	
In	0,44	0,15	0,12	0,00	0,07	-0,03	0,08	0,17	0,26	-0,13	0,02	0,00	0,15	1

MZ	Ag	As	Cu	Fe	Hg	Pb	Sb	Sn	S	Zn	Bi	Au	Se	In
Ag	1													
As	0,14	1												
Cu	-0,06	-0,05	1											
Fe	-0,07	0,02	-0,07	1										
Hg	0,42	0,15	-0,06	-0,39	1									
Pb	0,17	0,00	-0,06	-0,12	0,08	1								
Sb	0,79	0,26	-0,19	0,04	0,41	0,13	1							
Sn	0,33	0,18	0,09	-0,19	0,42	-0,04	0,20	1						
S	0,13	-0,06	-0,09	0,65	-0,01	-0,04	0,14	-0,03	1					
Zn	0,23	0,13	0,01	-0,46	0,72	0,16	0,14	0,43	-0,12	1				
Bi	0,05	0,03	0,19	-0,03	-0,04	0,08	-0,03	-0,04	0,01	-0,07	1			
Au	0,54	0,46	-0,25	0,18	0,41	0,00	0,58	-0,08	0,27	0,20	0,04	1		
Se	-0,20	-0,08	0,05	-0,08	-0,05	0,16	-0,25	-0,14	-0,02	-0,10	0,01	-0,07	1	
In	0,14	0,10	-0,06	-0,07	0,02	-0,06	0,01	0,07	0,16	0,13	0,02	0,00	0,06	1

Anexo 16 – Distribuição em planta dos elementos S, Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, As, Sb, Hg, Bi, In e Se no minério maciço do Zambujal.

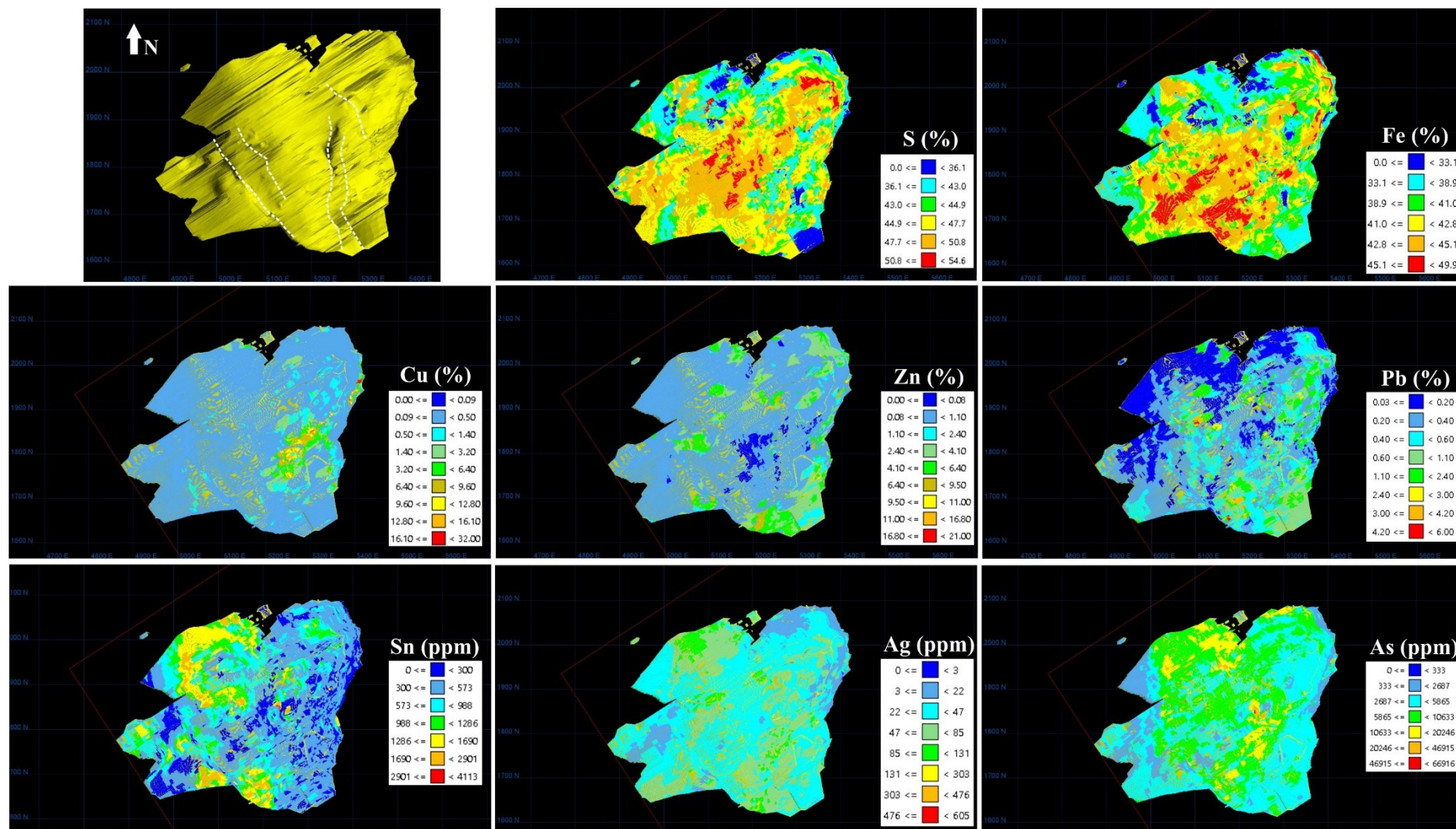


Figura XI.19 – Mapeamento em planta dos principais cavalcamentos na massa do Zambujal (primeira imagem) e da distribuição dos elementos S, Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag e As, no minério maciço do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor-Lundin Mining 2018.

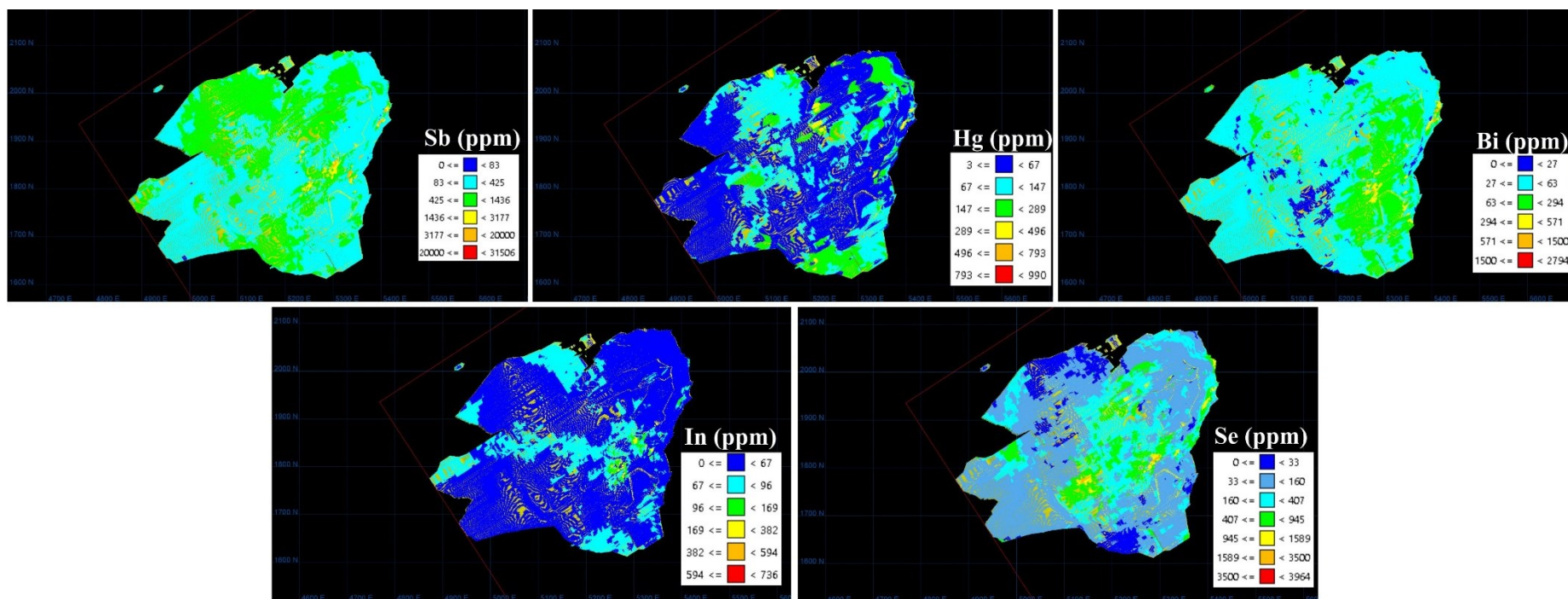


Figura XI.20 - Mapeamento em planta da distribuição dos elementos Sb, Hg, Bi, In e Se , no minério maciço do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor-Lundin Mining 2018.

Anexo 17 – Perfil 18,5 com os principais cavalgamentos marcados e distribuição dos elementos S, Fe, Cu, Zn, Pb, Sn,Ag, As, Sb, Hg, Bi, In e Se, no minério maciço da massa do Zambujal

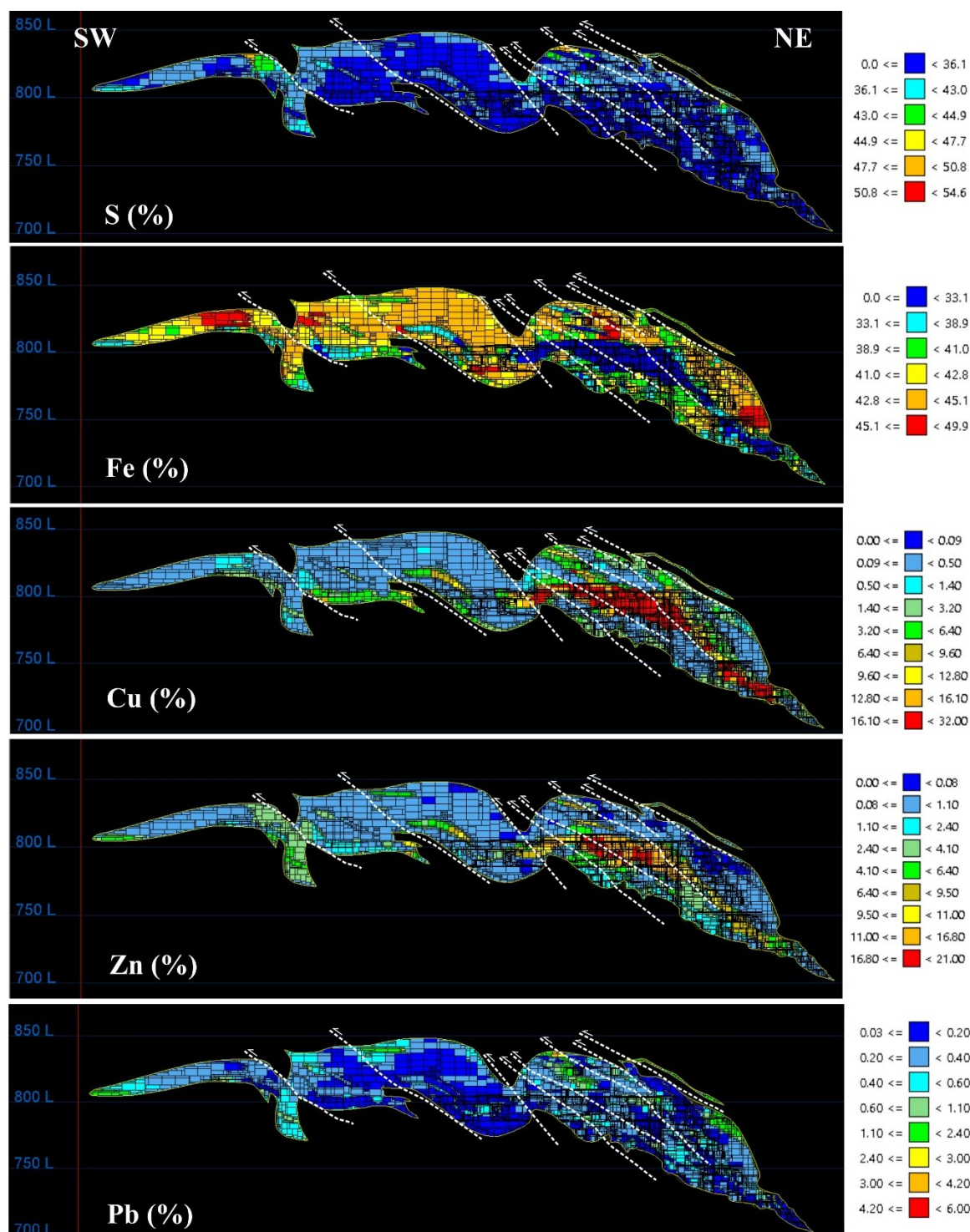


Figura XI.21 - Mapa de distribuição em perfil dos elementos S, Fe, Cu, Zn e Pb, no perfil 18,5, na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor/Lundin Mining 2018. Os principais cavalgamentos

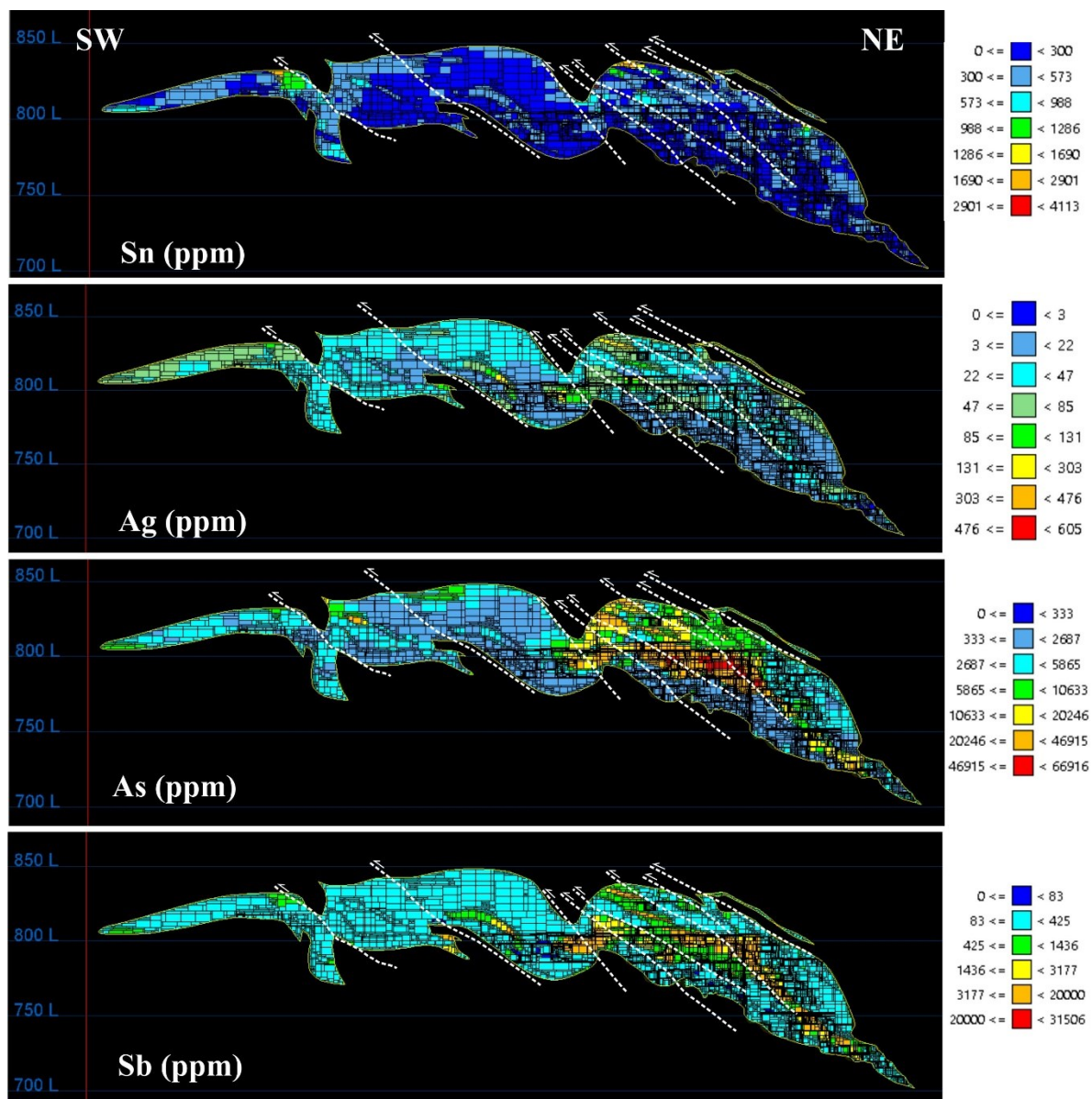


Figura XI.22- Mapa de distribuição em perfil dos elementos Sn, Ag, As e Sb, no perfil 18,5, na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor/Lundin Mining 2018. Os principais cavalgamentos encontram-se marcados a tracejado.

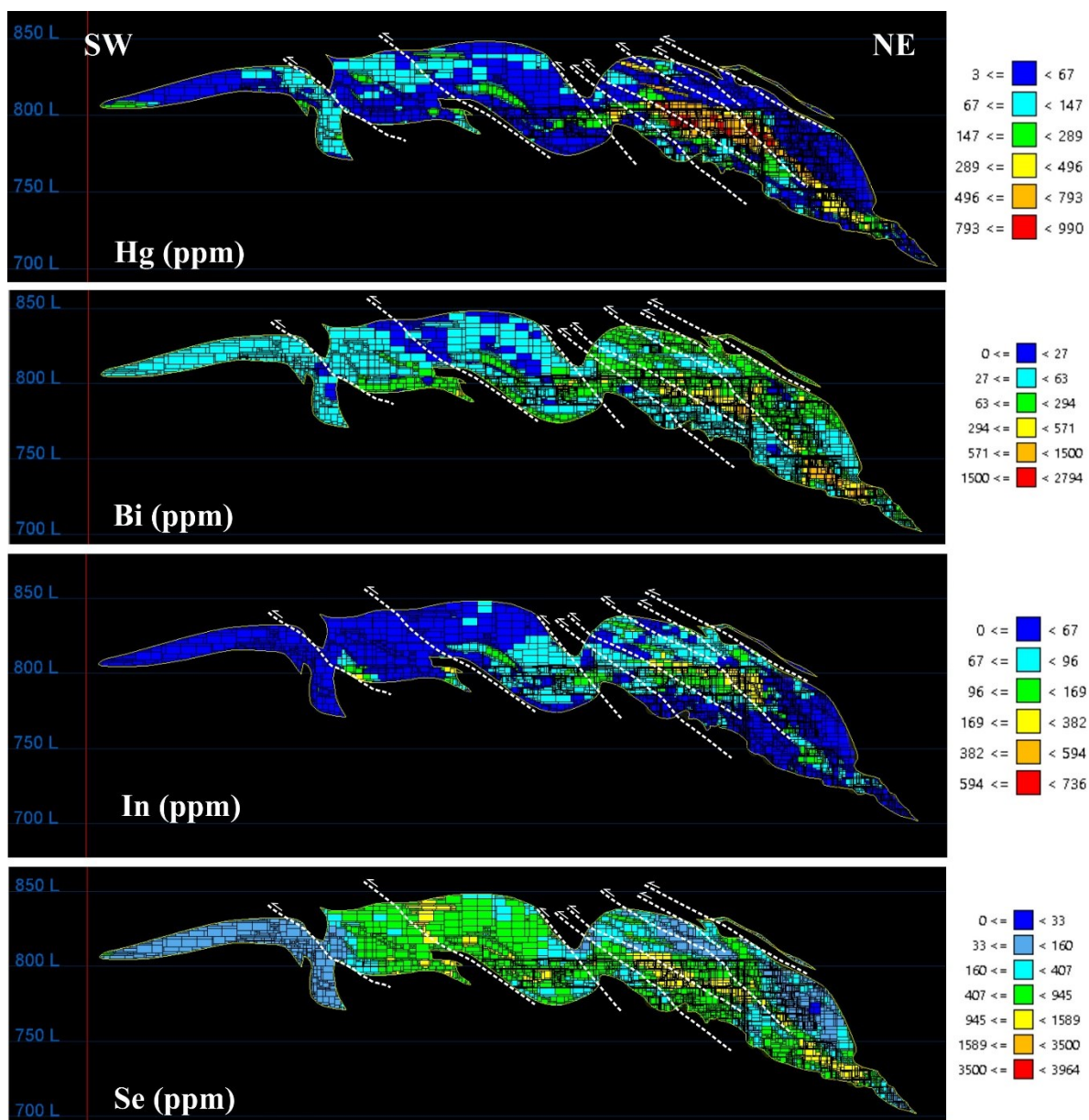


Figura XI.23 - Mapa de distribuição em perfil dos elementos Hg, Bi, In e Se, no perfil 18,5, na massa do Zambujal, utilizando a base de dados da estimação do modelo de blocos da Somincor/Lundin Mining 2018. Os principais cavalgamentos encontram-se marcados a tracejado.